

OTTAVIO ZANOTTI BIANCO

INGEGNERE

Professore incaricato dell'Insegnamento dell'Astronomia
nella R. Università di Torino.

ISTORIE DI MONDI

SAGGI DI ASTRONOMIA

Inventario
N. 648



TORINO


FRATELLI BOCCA, EDITORI

MILANO — ROMA — FIRENZE

—
1903

PROPRIETÀ LETTERARIA

Torino -- VINCENZO BONA, Tip. delle LL. MM. e dei RR. Principi (9084)



AL CORTESE E BENEVOLO LETTORE

« The man who cannot wonder, who does
« not habitually wonder (and worship), were
« he President of innumerable Royal Societies,
« and carried the whole *Mécanique Céleste*
« and *Hegel's Philosophy*, and the Epitome of
« all Laboratories and Observatories with their
« results, in his single head, — is but a Pair
« of Spectacles behind which there is no Eye.
« Let those who have Eyes look through him,
« then he may be useful ».

THOMAS CARLYLE, *Sartor Resartus*.

Questo volume che ora si presenta al Pubblico Italiano è il terzo di una serie di Saggi d'Astronomia, che già pubblicati in varie riviste, vengono qui riuniti e ristampati. Or sono sei anni, licenziando alle stampe il primo volume della serie — In Cielo — peritoso assai non osavo sperare che la modestissima opera mia, potesse trovare quella buona e lusinghiera accoglienza che s'ebbe nel nostro paese e fuori. Di essa mi compiaccio perciò tanto più vivamente, e con soddisfazione intensa vi scorgo una manifestazione di calda simpatia per

la nobilissima scienza degli astri, ed un ottimo indizio per il progresso della coltura generale in questa nostra Italia. Mi si conceda dunque di ringraziare, per me e per l'astronomia, gli Editori Fratelli Bocca che continuarono a favorire di loro validissimo appoggio l'antichissimo e sublime studio del firmamento, ed il Pubblico Italiano che li ha secondati, e speriamo continuerà a mostrarsi benevolo e propizio all'intelligentissima opera loro.

Torino, Settembre 1902.


OTTAVIO ZANOTTI BIANCO.

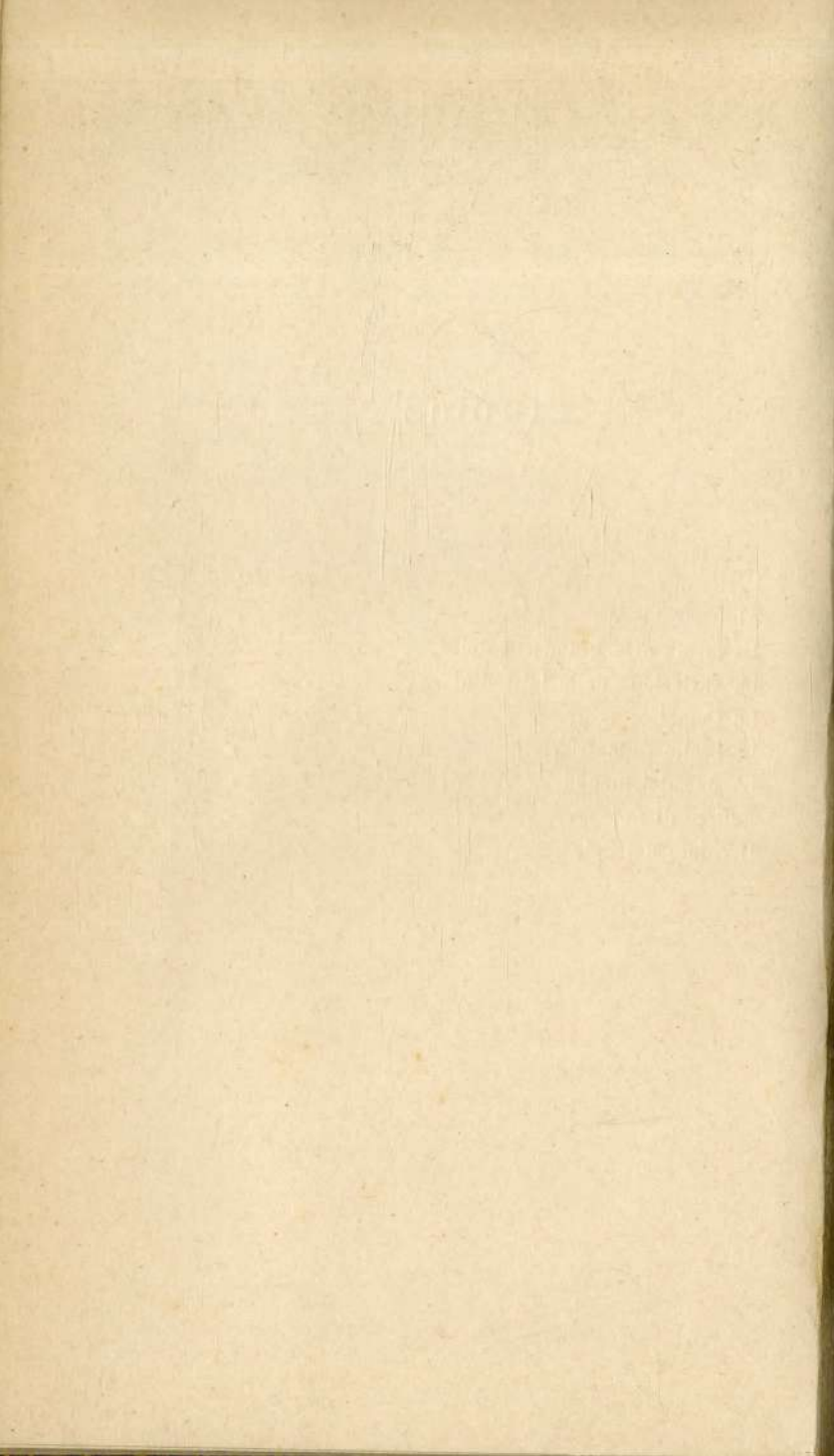





INDICE

Prefazione	<i>Pag.</i>	v
Almanacchi	"	1
La forma e la grandezza della Terra . .	"	26
La variazione delle latitudini	"	78
Le Comete	"	112
Le Stelle cadenti	"	153
La fine del mondo	"	197
Eclisse di Sole	"	228
Il calore del Sole	"	278







ALMANACCHI

Questa opera in ogni parte è un libro d'oro.
Non fu più preziosa gemma mai
Del Kalendario.....

I.

Questi versi sono i primi di un sonetto colla sua brava coda, che si trova in principio del primo almanacco italiano a stampa che si conosca.

Esso è quello apparso nel 1476, ed è un libretto rarissimo; la biblioteca Marciana ne possiede un esemplare; si sa che fu compilato da Regiomontano, ma ignorasi il nome di chi lo ha tradotto in italiano.

Può darsi che il calendario sia un libro d'oro. Così non la pensavate voi, bionda Evelina, che lo dicevate sgarbato ed insolente al pari dell'orologio, perchè entrambi vi buttano in faccia, impassibili e beffardi, l'ingiuria del tempo trascorso, e non volevate nel vostro salotto nè l'uno, nè l'altro, perchè l'uno, dicevate, mi fa invecchiare,

l'altro rammenta agli amici che mi favoriscono di loro visita, l'ora d'andarsene. Poi vi dispiacevano quei due nomi di calendario e d'almanacco, così difficili, mentre in italiano abbiamo il buon *lunario*, la cui etimologia avevate trovato in *rio* e *luna*, perchè in esso le lune scorrono come l'acqua in un rio, e non vi allontanavate troppo dal vero. Il Leopardi però, là in quel suo famoso dialogo tra un venditore di almanacchi ed un passeggiere, adopera indifferentemente ora l'uno ora l'altro, ma calendario non scrive, ed a ragione, perchè in bocca al rivenditore suonava meglio il popolare almanacco.

Dante non si serve di alcuna di quelle parole, ma nel canto XVI del *Purgatorio* scrive: *come se tue Partissi ancor lo tempo per calendi?* cioè come se tu dividessi ancora il tempo per mesi. Dal latino *calendae*, e questo dal verbo *calare* che valeva chiamare, convocare, è derivato il vocabolo calendario, giacchè appresso i Romani il Pontefice ogni dì primo del mese chiamava il popolo ad udire come fosse la distribuzione dei giorni del mese che in quello principiava. Quanto all'origine del vocabolo almanacco le opinioni sembrano divise. In Italia, il Riccardi lo dà come usato per la prima volta per le stampe in un libro pubblicato da Pietro Pitati nel 1542, e che si riferisce al calendario degli undici anni correnti dal 1552 al 1562. Chi vuole che almanacco derivi dall'arabo, e chi dal sassone, altri dal greco. Sembra però che l'opinione più accreditata sia quella che lo fa derivare dal

sassone, con Verstegan. Riportiamo qui quanto egli scrive, perchè ci darà occasione di toccare di una curiosissima foggia di almanacchi. "Essi", egli dice, alludendo ai Sassoni, "usavano intagliare sopra certi legnetti quadrangolari, lunghi all'incirca un piede, e più o meno, a seconda dei gusti, l'andamento delle lunazioni di tutto l'anno, così che essi potevano sempre dire quando dovevano accadere le diverse fasi, ed i loro giorni festivi. Essi chiamavano poi *almon-aght* questo legnetto intagliato, cioè tutta l'attenzione delle lune, per affermare la cura e l'osservazione di tutte le lune: da ciò il nome di *almanacco*„. Un strumento di tal fatta esiste ancora a Cambridge nel collegio di St. John ed è di data antichissima. Di una forma simile a quello menzionato da Verstegan era l'almanacco ad intagli descritto dal dottor Roberto Plot nella sua *Natural History of Staffordshire* (1680), che egli chiama *Clog almanac*, e che assai usato in quella ed in altre contee settentrionali, vi fu forse portato dai Danesi che molti secoli prima avevano invaso l'Inghilterra. Questo almanacco ad intagli ha con quello a libro lo stesso rapporto che i legnetti a tacche o taglie, usati altra volta per tenere la contabilità, hanno coi poderosi registri delle aziende finanziarie moderne. Esso constava di un legno di bosso, o di altra essenza dura, a sezione quadrata, lungo otto pollici, e così disposto da poter essere appeso nel salotto per l'uso della famiglia, ma qualche volta lo si portava incastrato in un bastone da passeggio. In

sostanza era un almanacco perpetuo destinato specialmente a designare le domeniche e le altre feste fisse dell'anno. Per servirsene ogni persona doveva badare in qual giorno l'anno corrente incominciasse per rispetto a quello segnato sulla taglia; così se i due non coincidevano, un breve calcolo mentale di addizione o sottrazione gli permetteva di giungere a conoscere quanto desiderava.

L'intiera serie dei giorni componenti l'anno era rappresentata da intagli praticati sui quattro spigoli del legnetto quadrangolare, ogni spigolo corrispondeva a tre mesi, il primo giorno d'ogni mese era distinto da un incavo laterale rivolto all'insù, ed ogni domenica da un intaglio più grande. I santi poi e le feste erano accompagnati da certi segni rappresentanti simbolicamente fatti o cose concernenti la vita del santo del quale ricorreva l'anniversario. Forse allora si conoscevano le vite dei santi meglio di quel che oggi non avvenga, ed agli occhi dei viventi di allora, in massima parte analfabeti, quei simboli valevano meglio di parole.

Sono almanacchi di questa maniera quello illustrato da Wolf nel 1820 e studiato da Cahier, nella sua utilissima opera sulle caratteristiche dei santi; e quello di Bologna, del quale si occupò il Frati.

Più antico di questo è l'almanacco di cui Greytner ci dà la figura nelle sue *Inscriptiones*, che era formato da un cubo di marmo, sulle cui quattro faccie verticali stavano scolpiti i giorni

di tre mesi, le *none*, le operazioni agricole, corrispondenti a ciascun mese e le feste. Quanto cammino da quel blocco di marmo ai ninnoli di oggi, spesso graziosi, non sempre artistici, in *peluche* e raso, e con disegni troppo di frequente di maniera volgaruccia! Ma siamo ancora indietro rispetto ai *petits almanachs reliés* che nel secolo scorso un rinomatissimo confettiere parigino celava nell'interno dei suoi *bonbons à surprise*, e dal *Forget me not* (non ti scordar di me) di Londra pel 1830. Questo, che è forse l'almanacco più piccolo che siasi stampato, era del formato 512, vale a dire un quarto del famoso e già raro *Dantino* di Salmin di Padova; esso poteva nascondersi entro un anello e nondimeno conteneva squarci dei più celebri autori inglesi. Altri almanacchi perpetui potevano portarsi appesi come ciondolo alla catenella dell'orologio, essendo in metallo e di dimensioni oltrepassanti di poco quelle di una moneta da due franchi.

II.

Fino ad una cinquantina d'anni or sono gli almanacchi a libro, ed erano la massima parte, contenevano predizioni astrologiche *sopra l'anno*, come solevasi scrivere allora, cui si riferivano. E tali predizioni espresse nel più puro linguaggio astrologico concernevano gli eventi umani, l'agricoltura, il tempo ossia gli eventi atmosferici. Nè questo mal vezzo è smesso oggi: chè se si lasciano in generale le predizioni astrologiche,

cui pochi oramai credono, si continuano a stampare quelle meteorologiche a lunga scadenza, cui certo molti prestano ancora fede, a giudicare almeno dal favore che incontrano sempre gli almanacchi che le contengono.

Io nutro fiducia che i colti lettori dell'*Antologia* non presteranno fede alle insulse profezie dei Mathieu de la Drôme e simili, ma ad ogni modo ci consentano una breve digressione al riguardo.

Fino al giorno d'oggi la scienza non è riuscita a constatare alcuna relazione fra le posizioni dei pianeti e le vicende atmosferiche che producono il tempo. Quanto alla Luna è bene riportare qui, e ciò non è mai fatto abbastanza, le conclusioni alle quali è giunto il nostro grande Schiaparelli, in un suo profondissimo esame dell'influenza della Luna sul tempo. "A coloro dunque che domandano se l'influenza della Luna sui fenomeni atmosferici si può riguardare come accertata, risponderemo con Arago e Kaemtz essere difficile ancora dubitarne. Ma ciò non conduca all'illusione che tali influssi possano essere di essenziale aiuto per predire le vicende atmosferiche. Il grande produttore e regolatore di queste vicende sarà sempre il Sole; il suo influxo e le perturbazioni che la rotazione e configurazione della superficie terrestre inducono nella sua azione, saranno sempre gli elementi determinanti lo stato del cielo: le azioni della Luna non potranno apportarvi che modificazioni affatto secondarie, che si perdono nelle grandi oscillazioni prodotte dagli influssi solari diretti

e riflessi. E ciò è tanto vero che 38 anni di osservazioni appena furono sufficienti a dimostrare la esistenza dell'influsso lunare attraverso alle infinite irregolarità del tempo, dalle quali, non senza lungo lavoro, si è riuscito ad estrarlo ed a renderlo manifesto „. Quindi che cosa bisogna pensare delle profezie che fondate sull'influenza lunare, o su regole più o meno immaginose ed immaginarie, si vanno tuttora spacciando in molti almanacchi? La risposta non è dubbia: esse vanno respinte, come arrischiate a casaccio e campate in aria, e perchè mancanti di base o peggio fondate sopra ipotesi e teoremi falsi. Pur tuttavia, dirà taluno, si è notato che quelle predizioni si avverarono qualche volta; e noi rispondiamo: si è forse notato quante volte esse non si verificarono? Le persone che accettano per attendibili le profezie sul tempo a lunga scadenza date dagli almanacchi, hanno, come tutte quelle imbevute di talune idee, una tendenza rimarchevole a segnare di special nota il verificarsi dei fatti consoni alle loro idee, ed a lasciar passare assolutamente inavvertiti quelli che coll'inveterate loro opinioni non concordano. Per mantenersi nel vero, e per giudicare con sano criterio della opinione accettata intorno alle profezie sul tempo, sarebbe bene tenere esatto registro delle coincidenze e delle discordanze della teoria ammessa colla realtà dei fatti. Con ciò sarebbe facile il convincersi della fallacia dell'opinione tenuta, e si potrebbe ancora colla precisa registrazione dei fenomeni rendere segnalati servigi alla meteorologia.

logia. E qui giova applicare quel che, non rammento chi, disse delle predizioni astrologiche: fra tante frecce che si scoccano a caso, non è a meravigliare se alcuna colpisca nel segno. Del resto un aneddoto varrà a mostrare come generalmente si pronunziano le profezie sul tempo degli almanacchi.

Si è pubblicato fino a non molti anni or sono a Liège un almanacco, noto col nome di *Almanach Liégeois*, od anche *Double Almanach Liégeois*. L'epiteto di *doppio* si trova spesso appiccicato al sostantivo almanacco, od a varie denominazioni, e così si ha ancora da noi *Il doppio pescator di Chiaravalle*. La fondazione di quell'almanacco è, secondo una tradizione conservata nella famiglia dello stampatore Bourguignon, erede e discendente degli antichi stampatori Streel di Liegi, attribuita al canonico Matteo Laensberg verso l'anno 1600, però questo nome non fu ritrovato nella lista dei canonici di quell'epoca. Che che ne sia di ciò, si racconta che questo Laensberg soleva dettare a una sua nipote le predizioni meteorologiche, che essa scriveva di fronte ai vari giorni dell'anno. Erano giunti al 21 settembre. Il profeta dettò: *Temporale, Grande pioggia*. " Ma zio „ gli osservò la scrivente, " il 21 settembre è il giorno del tuo onomastico! „ " Bel tempo, nipotina, bello fisso „, replicò il coscienzioso canonico. Se non è vero, è ben trovato.

Il primo almanacco di Matteo Laensberg è per l'anno 1636. In esso si vedono i dodici segni

celesti governanti le varie parti del corpo umano, secondo i dettami dell'astrologia, vi si legge quali sono le epoche favorevoli al taglio dei capelli, al cavar sangue, al prendere medicine, ecc. I medici d'allora, gelosi in vedere che un fabbricante d'almanacchi s'impadroniva delle loro prerogative, fecero poi sopprimere quei brani negli anni successivi.

L'accenno ai giorni favorevoli al cavar sangue, mi fa ricordare, che presso gli Arabi lo sono il martedì ed il mercoledì: Marte essendo in astrologia il patrono del ferro e del sangue e Mercurio degli umori. Anche oggi, narrano i viaggiatori, quando gli astrologhi (e ve ne sono ancora e non solo in Turchia) hanno proclamato un dato giorno favorevole ai salassi, le vie di Bagdad sono solcate da rigagnoli di sangue, provenienti dalle botteghe dei barbieri, che colà sono tuttora, come presso di noi qualche diecina di anni or sono, i soli flebotomi e chirurghi.

Nei libri manoscritti di devozione e preghiere medioevali, si trovano degli almanacchi, veri capolavori di calligrafia e miniatura, opera paziente, sollievo delle interminabili ore nel convento, a monaci oscuri. Nelle figure di essi, si vede spesso, come ripeté, lo vedemmo, Laensberg, il corpo umano circondato dalle costellazioni e dagli astri che governano le varie sue parti. Medicina ed astrologia andarono per un pezzo d'accordo e così che Bernardo di Gordon, famoso medico, pronunciò la sentenza che: senza un buon almanacco che indichi le fasi della Luna, la medicina è un'utopia.

Gli antichi avevano paura di farsi cavar sangue in parecchi giorni dell'anno; questi erano detti *giorni egiziaci* (*dies aegyptiaci*), ed in essi era consigliato di astenersi dall'intraprendere qualsiasi cosa, e ve ne erano due al mese, e negli almanacchi del basso Impero erano particolarmente notati. Poi, come se questi non bastassero, se ne portò il numero a quarantadue, e guai a chi in essi si fosse fatto radere la barba, accorciare i capelli e le unghie, avesse stipulato contratti di compra e vendita, messa la prima pietra di una casa, guai! Fra questi poi, cinque erano infausti a chi volesse viaggiare, il 3 marzo, il 17 agosto, l'1, 2 e 30 settembre. Ma i giorni che riguardavansi come i più temibili e terribili dell'anno erano il 1° aprile, giorno in cui vuolsi nascesse Giuda il traditore; il 1° agosto nel quale l'angelo Lucifero fu precipitato dal cielo, e divenne il demonio; il 1° dicembre, giorno della distruzione di Sodoma.

Tra i giorni temuti stanno anche oggi il venerdì ed il 13 d'ogni mese; od oggi ancora si può applicare ad un gran numero di persone quanto scriveva Zahn nella sua *Specula physico-mathematica*: “ *multi in die Veneris nolent unguis praescindere, aut indusium mutare, aut novo vestimento indui: ne fortunam aut valetudinem irriterent* „ (1). La superstizione che il cambiarsi la

(1) Molti non vogliono tagliarsi le unghie in venerdì, nè mutarsi la camicia nè vestire un abito nuovo, onde non irritare la fortuna e la salute.

camicia di venerdì porta sventura è così radicata oggi ancora tra i marinai di certi paesi di Europa, che or non è molto mi accadde di leggere il fatto seguente. Sulle coste della Bretagna, naufragò un piccolo veliere, morirono tutti i marinai, si salvò solo il capitano. Questi ebbe a confessare che i suoi uomini, trasgredendo l'insegnamento dei saggi, s'erano cambiata la camicia il giorno innanzi al naufragio, che era di venerdì, mentre egli se n'era guardato bene, e n'ebbe salva la vita. Scrive ancora il sopra citato autore: " Si dice che chi è nato nel giorno di Venere santa vedrà i morti e le cose tutte che sono sotto terra. Io però nato in quel giorno nell'anno 1641 altro non potei avvertire se non qualche spettro notturno visto anche da altri „. A questa superstizione del venerdì non sfuggirono uomini celebri: Filippo Maria Visconti, ad esempio, credeva che se in venerdì avesse incontrato un uomo colla barba rasa gli sarebbe toccata una sventura, ed è noto come Napoleone I paventasse questo giorno. Già pare che i primi cristiani temessero che al malo influsso dei giorni egiziaci o neri non potessero sfuggire nemmeno i Santi. Sant'Agostino riferisce infatti che i suoi fedeli lo dissuadevano dal cominciare checchessia in un giorno egiziaco; e sant'Ambrogio ricorda che molti prestavano fede a quei giorni di cattivo augurio. Io ignoro se la paura del venerdì, oggidì ancora così comune, abbia cominciato colla leggenda che vuole che Adamo ed Eva abbiano mangiato il frutto proibito in giorno di

venerdì e siano morti in un giorno di tal nome (così l'almanacco sarebbe anteriore alla creazione dell'uomo), oppure coll'orrore di Venere, il seduciente demone della lussuria, e della sua amica, la Freya degli Scandinavi, moglie di Odino. Ignoro quanto in questa superstizione entri la morte di Gesù Cristo, che la tradizione pone in venerdì, oppure l'avversione per tal giorno che è la domenica dei Mussulmani, ma rammento che san Giustino parlando della Passione di Nostro Signore, evita di nominare il venerdì, che gli Scozzesi scelgono per le loro nozze, mentre gli Inglesi lo evitano, attenendosi all'opinione che Racine ha espresso nella sua commedia *Les Plaideurs*. È curioso d'altronde l'avvertire che fra i bramini, buddisti dell'India, predomina la superstizione del venerdì così che consigliano di nulla cominciare in esso. Quindi è impossibile il rintracciare l'origine di questo, come di altri errori popolari; lo storico che vi s'accinge, si trova come il viaggiatore al crocevia in un paese ignoto, non sa da qual parte dirigersi. Una strada lo conduce nelle antiche foreste teutoniche; una seconda fra i selvaggi della Scandinavia; una terza alla Roma papale e di là alla Roma pagana, mentre la quarta mette capo al lontano Oriente, ove egli è abbandonato a sè colla convinzione che molto di quanto è antico e strano e straordinario fra noi, molte superstizioni tramandateci dai nostri più lontani progenitori, hanno loro profonde radici nel suolo di una delle antiche culle di nostra razza.

Quasi quasi scordavo che nella graziosa operetta *La Mascotte* si canta:

Jamais on ne devrait
Se mettre à table treize,
Mais douze c'est parfait.

I Cristiani attribuiscono il cattivo presagio del tredici, all'ultima cena di Cristo coi suoi dodici apostoli. Nell'antica mitologia nordica, l'essere tredici a tavola era ritenuto funesto, perchè ad un banchetto nel Valhalla, Loki, introdottosi di soppiatto, fece che i convitati fossero tredici e Baldur fu ammazzato. I Turchi hanno una tale antipatia per il 13, che questa parola fu radiata dal loro vocabolario.

Se il 13 è una brutta data e il venerdì un cattivo giorno, cosa succederà quando data brutta e giorno cattivo coincideranno? Non so; certo è che quella coincidenza avviene e non di rado. Qualche anno fa l'ottima rivista francese *La Nature* ha dato una regola per trovare quando quel pericoloso congiungimento del 13 col venerdì possa accadere. La regola è d'indole matematica e qui non possiamo far altro che menzionarla. Basti il sapere che per un'annata non bisestile, ciò deve pur accade almeno una volta, al più tre. Nel 1900, ultimo del secolo decimonono, accadde una cosa ancora più rara, il venerdì santo fu un 13. Nel secolo ventesimo, incominciato coll'anno 1901, il venerdì santo cadrà tre volte nel 13 aprile, e precisamente negli anni 1906, 1979 e 1990.

Il venerdì santo non può avvenire mai dopo il 23 aprile, perchè Pasqua non può cadere oltre il 25 aprile, ciò avvenne l'ultima volta nel 1886, nel secolo ventesimo avverrà una volta sola nel 1943. Nella chiesa del piccolo villaggio di Ober-Emmel sulla Saar nel distretto di Trier in Prussia, leggesi la seguente lugubre profezia: " Quando san Marco offrirà l'agnello pasquale, e sant'Antonio solennizzerà la Pentecoste, e san Giovanni nel giorno del Corpus Domini venererà Cristo in Sacramento, allora il mondo sarà pieno di gemiti e di pianti „. Le coincidenze de' Santi con le feste menzionate si verificarono nel 1886, che Nostradamus, nelle sue *Centurie*, vaticinò sarebbe stato il più funesto del secolo decimonono: esse si ripeteranno nel 1943. Qui è più che mai il caso di esclamare: " Crepi l'astrologo! „ giacchè pare che Nostradamus non sia ancor morto, e la leggenda vuole che egli si facesse chiudere vivo nella sua tomba, nella chiesa dei Francescani a Salon, con lampada, carta, inchiostro, penne e libri, minacciando di morte chiunque osasse disturbarlo.

Il venerdì santo non può cadere prima del 20 marzo, perchè Pasqua non può trovarsi prima del 22 del detto mese. Ciò avvenne nel 1818 e per parecchi secoli non si ripeterà più.

Oggi si dice nefasto un giorno, in cui accade qualche disgrazia, o che per qualche motivo è di cattivo augurio. Presso i Romani dicevansi nefasti quei giorni nei quali era vietato al pretore dar leggi e giudicare: *fasti* dicevano quei

giorni nei quali era lecito al pretore di ciò fare. *Fasti* da *fari*, *fari tria verba* (pronunziare tre parole: *do, dico, addico*). *Nefasti* erano i giorni specialmente consacrati al culto degli dei. Si dicevano poi *fasti sacri* o *Kalendares* i libri sui quali i sacerdoti, soli depositarii della dottrina della divisione del tempo, tenevano registrati e distribuiti i giorni festivi e non. Questi libri erano custoditi gelosamente dai preti, che non ne consentivano ad alcuno l'esame. Ma un giorno certo Flavio, scriba di Appio Claudio, riuscì a giungere fino a quei sacri pontificali volumi, ne copiò l'essenziale e lo espose al pubblico nel foro, e d'allora in poi, *fasti* fu sinonimo di calendario.

III.

Quasi non bastassero i giorni vi furono anche i mesi di cattivo augurio, pare però che la potenza malefica sì degli uni che degli altri si vada indebolendo ognor più: e vorrei sapere se le statistiche ferroviarie confermino quanto da taluni si afferma, che di venerdì e di 13 si viaggi realmente meno. Era un mese infausto per le nozze il maggio. Povero mese delle rose, in cui fin l'asinello filosofo canta d'amore! Settembre era pericoloso ai gran signori, ottobre e novembre ai vecchi; in compenso gennaio era un mese felice. Incomincia però con un giorno cattivo: infatti in un antichissimo manoscritto, conservato a Exeter in Inghilterra, e che vuolsi sia dei tempi di Enrico II (1154-1189), accanto al primo

gennaio leggesi *Dies mala* (giorno cattivo), indicazione che però è scomparsa in calendari manoscritti dei tempi di Enrico VI d'Inghilterra (1377-1399).

Ed ancora nella vita dell'uomo gli astrologi ed i medici, che per molto tempo furono assai spesso una cosa sola e basti rammentare Cardano, avevano intercalato gli anni *climaterici*. Nel Fanfani la parola non c'è, e merita di non esservi, perchè suona male, ed è cattiva. Il celebre *Saumaïse* (Salmasio, 1588-1658) ha scritto un libro sugli anni climaterici; ma Bouché-Leclercq, nella sua recente e pregevolissima istoria dell'astrologia greca, dice che dopo aver letto il libro di Saumaïse, si è scusabili di non saper che cosa siano questi anni *climaterici*. Gli anni climaterici della vita umana sono il 7 ed il 9, ed i loro multipli, e soprattutto il 63, prodotto di questi due numeri, e che era detto il *Gran climaterico*; l'ultimo anno climaterico, *et pour cause*, era l'ottantunesimo, cui presiedeva Saturno, il pianeta dal maligno influsso.

E di questa influenza dei pianeti hanno sempre tenuto conto i compositori d'almanacchi nel formulare le loro profezie, secondo i dettati della astrologia: profezie che poi s'avveravano negativamente quasi sempre.

È curioso però il rammentare che la rivoluzione francese del 1789 fu predetta da tre o quattro astrologi, che l'azzeccarono giusta. Voglio rammentare una profezia che costò la vita al vaticinatore, ed è contenuta in un almanacco,

che forse fu distrutto completamente, perchè non se ne trova indizio, benchè menzionato dal Muratori, dal Cibrario, dal Denis (1) e dal Des Esarts. Trascrivo qui il brano del Muratori che ad esso si riferisce: " Fece orrore in quest'anno (1648) la congiura ordita da alcuni tristi, cioè da don Giovanni Gandolfo religioso dell'ordine di san Bernardo, da Bernardo Sillano, senator di Torino, e da Giovanni Antonio Gioja, contro l'innocente vita del giovinetto Duca di Savoia, Carlo Emanuele e di Madama Reale Cristina sua madre. Cercandosi chi avesse composto uno scandaloso almanacco che prediceva tragiche avventure, gastighi di ministri e morte di gran personaggi, se ne scoprì autore il suddetto religioso. Preso costui sul fine dell'anno precedente, venne poi rivelando i complici ed il nero disegno da lor fatto di estinguere il sovrano e la madre con veleni e con fattucchiere. Erano costoro del partito dei principi Maurizio e Tommaso zii del Duca. Il Sillano improvvisamente morì in prigione: ebbero il Gandolfo e il Gioja dalla giustizia il meritato fine „.

E come antidoto all'influenza rattristante di questo episodio, rammenterò una gioconda predizione che trovo in un almanacco piemontese del

(1) Debbo questa indicazione alla cortesia del signor Vincenzo Armando, colto bibliofilo assistente alla biblioteca di S. A. R. il Duca di Genova, della quale mio padre è direttore, ed a quella dell'Accademia delle Scienze di Torino.

secolo scorso: " Vi saranno matrimoni con dotte (sic) di considerazione, e conviti e feste: in taluni di essi nasceranno liti e risse che spero però si acqueteranno „. E così sia: o meglio così sia stato.

Curiosi i titoli degli almanacchi del secolo scorso: *Mondo nuovo tra i venti*; *La Luna in corso del dottor Vesta Verde di Milano sopra l'anno... dell'Astrologo di Valserena*, che ebbe Nipote e Pronipote dei quali scrisse Carlo Tenca; *Almanacco Monferrino per l'anno 1781 di Nervisio Pontegamero Eppetton con particolari erudizioni*. In questo troviamo riassunti di osservazioni meteorologiche e gl'immane discorsi sulle stagioni e l'introduzione in versi, e versi intercalati fra i Santi del mese, come oggi ancora si usa nella *Sibilla celeste*, almanacco popolarissimo, che ha toccato la rispettabile età di anni 154. Poi abbiamo l'*almanacco universale del Grande Pescatore di Chiaravalle*, vivo anche oggi: in quello pel 1730 " L'autore si protesta non predire con certezza li futuri contingenti, nè ciò che dipende da Dio e dal libero arbitrio „. Un po' di metafisica non nuoce. C'è ancora *La Luna stellante del pastorello astrologo immascherato*, il *Corriere del tempo dell'astrologo immascherato* e chi più ne ha più ne metta: ma non dimentichi l'*Almanach du Diable*, e l'*Almanach du Paradis*, l'uno per l'inferno e l'altro per il cielo e sopra gli anni 1737-38, sfogo di bizze religiose, ma scomparsi.

Gli almanacchi dei secoli decimosesto e settimo, meno numerosi, sempre astrologici, ave-

vano per lo più per titolo *Prognosticon* o *Prognosticatio*; quelli più vecchi ancora *Cisio-Janus*. Poche righe di spiegazione su questa parola che sembra cabalistica ed è del più puro cattolicesimo. Così a voi, pia e buona Evelina, tornerà meno ostica e paurosa, e comprenderete meglio la cura che il vecchio zio, volterriano bonario ed indulgente, metteva nello spolverare il *Cisio-Janus*, manoscritto raro, del quale era così geloso, e che oggi è là nell'angolo più tranquillo della libreria, in quella stupenda villa al mare che egli vi ha legato.

Cisio-Janus ci rammenta di placidi parroci tabaccosi: ma che tabaccosi! Quando il *Cisio-Janus* ricordava le date e i Santi dei lunghi e monotoni giorni alle bionde castellane di Polonia e di Germania nel malinconico maniero, Jean Nicot non aveva ancor fatto conoscere quella pianticella che se colle sue foglie appesta l'alito dei marinai di Bretagna, così che le loro donne confessano di preferire quello del diavolo, acquista così soave aroma quando, rotolata in elegante sigaretta, brucia fra le vostre labbra di corallo, bruna nipotina.

Dunque dicevamo che *Cisio-Janus* era una certa cantilena, colla quale si cercava di tenere a memoria i Santi ricorrenti nei vari giorni dell'anno. Il mese di gennaio cominciava così:

*Cisio Janus epi sibi vendicat Oc Feli Mar An.
Prisca Fab. Ag. Vincen Tim Paulus nobile lumen.*
Cisio che si riferisce al primo gennaio. Da queste due parole ebbe nome tutta la cantilena. Vengono

poi l'Epifania, *epi*, e l'*octava*, *oc*, cioè otto giorni dopo la festa dei tre Re Magi, il 13 gennaio. È curioso che in questa maniera di computo è compreso il principio e la fine dell'intervallo di tempo; ancora oggidì noi diciamo, *fra otto giorni*, volendo proprio significare *sette giorni più tardi*. Vengono poi le sillabe iniziali ed i nomi dei Santi fino al 25 gennaio, mancano però il 15 ed il 19, san Mauro e san Ponziano. Gli altri giorni del mese venivano designati riferendoli a quelli menzionati, ad esempio, mercoledì dopo Paolo, sabato prima di Antonio. Nel 1500 Melantone volle modificare il *Cisio-Jano*, ma ebbe poco successo. I Tedeschi ebbero anche i loro *Cisio-Jani*, nella propria lingua, e ne compose Ostwald von Wolkenstein, l'ultimo dei trovatori.

Cubi di marmo, bastoni, libri, cantilene tutto doveva servire da almanacco, ci mancavano le armi a completare la serie, e si adoperarono le spade. Esse sono dette dai Tedeschi *Runenschwerter* (spade runniche), e costituiscono un interessante documento di una speciale industria medioevale. I gentiluomini d'allora facevano volentieri ornare le loro spade con iscrizioni misteriose, e le portavano come amuleti, che dovevano proteggerli contro i colpi di punta e di taglio. Per trovare tali iscrizioni gli armaiuoli si tiravano d'impaccio ricorrendo ai calendari runnici o scandinavi ancora assai poco intesi. Tale è l'origine delle spade runniche, così chiamate perchè portavano incisi dei caratteri runnici, delle quali se n'hanno ancora parecchie nelle

collezioni e nei musei; dodici ne possiede l'arsenale di Berlino, a Vienna ve ne è una che vuolsi abbia appartenuto a Carlo V: forse di questa parla Bettina von Arnim, in una lettera al suo Goethe, datata da Vienna il 12 maggio 1810. I simboli che indicavano le feste nei calendari a bastone si trovano incisi sopra una spada posseduta dal museo di Dresda che si pretende appartenesse a Tomaso Münger, il capo dei contadini.

Gli almanacchi sono molto antichi dunque, e si capisce: la necessità di sapere in che giorno si vive si è sempre fatta sentire. Marco Polo racconta di averne visti in China, ed accanto ai giorni eranvi notazioni relative alle cose da farsi o da evitarsi in ciascuno di essi. Un papiro egiziano, forse dell'epoca della diciannovesima o ventesima dinastia (1200 anni circa a. C.), contiene per nove mesi delle indicazioni analoghe: 21 settembre, non uccidere buoi; 22, non mangiare nè salare pesci, ecc.; 28 dicembre, non mangiare alcun animale acquatico; 7 gennaio, non mostrarsi ad alcuna donna; 24 gennaio, giorno felice, bisogna bere dell'idromele, ecc.

E parlando degli almanacchi antichi, come scordare i *parapegmi* o calendari astrometeorologici degli antichi, ai quali il nostro illustre Schiaparelli ha dedicato un suo dottissimo lavoro? " Il calendario rustico di Esiodo „, scrive Schiaparelli, " si distingue dagli altri posteriori dei Greci per questo, che non contiene pronostici di sorta alcuna. Il poeta nota semplicemente il ca-

rattere meteorologico di certi periodi dell'anno. Ben diverso sotto questo riguardo è il registro mensile dei giorni lunari, che forma l'ultima parte dell'opera, e che da alcuno anche si è voluto attribuire ad un altro autore (1). Esso è una specie di classificazione dei giorni della Luna propizi o sfavorevoli, sia in modo assoluto, sia sotto speciali riguardi; e contiene l'indicazione dei giorni in cui di preferenza si debbono fare certe operazioni ed evitare certe altre. Tutto è fondato su idee superstiziose, come i giorni fasti e nefasti del calendario romano. Tuttavia è da notare che neppure in questo calendario mensile d'Esiodo non si vede la minima traccia di pronostici del tempo, secondo lo stato della Luna, che rassomiglino a quanto si trova in Arato ed in Virgilio „. Poi abbiamo il parapegma di Democrito, il cui scopo era manifestamente quello di segnare giorno per giorno le probabilità del tempo che si poteva aspettare, e dopo altri, quello costruito dal sommo astronomo Claudio Tolomeo verso l'anno 140 o 150 di Cristo, ed ordinato secondo il calendario Alessandrino che è una specie di calendario Giuliano.

Questo pregevolissimo lavoro di Schiaparelli è stampato nell'*Annuario meteorologico italiano pel 1892*, utile pubblicazione cessata colla morte di

(1) L'opera di Esiodo, cui qui si allude, è il poema *Opere e Giorni*, che contiene il più antico calendario rustico che si conosca.

Francesco Denza. Giovanni Schiaparelli, Francesco Denza, due bei nomi!

Il Padre Denza è morto da otto anni lasciando di sè vivissimo desiderio; mandiamo alla sua cara memoria un pensiero mesto ed affettuoso. Giovanni Schiaparelli dal 1° novembre 1900 ha lasciato la direzione dell'Osservatorio di Brera ove ha mietuto allori che non appassiranno così presto, nell'astronomia e nella sua storia. Gli succedette il degno suo allievo Giovanni Celoria. Schiaparelli lascia il servizio attivo, sano e vegeto, continua a studiare ed a lavorare, e molto darà ancora alla scienza che con sì grande amore e successo coltivò senza sosta nè riposo per quarant'anni. Gli astronomi italiani gli offrono un bellissimo album ricordo, ed i suoi ammiratori una medaglia d'oro. Sia concesso a chi scrive il mandare al principe degli astronomi italiani, all'amico cortese, ognora largo di sapienti consigli, al maestro indulgente ed amorevole, il saluto riverente di un animo sempre grato e l'espressione dei più caldi voti, perchè egli possa per molti anni ancora essere conservato alla scienza del cielo, ed alla patria nostra che egli ha tanto onorata.

Alcuni lavori di Schiaparelli furono stampati nelle *Effemeridi Astronomiche* di Milano, che da molti anni cessarono e furono sostituite da una pubblicazione di altra indole, a cura dell'Osservatorio di Brera in Milano. L'*Annuario Meteorologico Italiano* si è trasformato da due anni nell'*Annuario Storico Meteorologico Italiano*; ad esso

attendono con amore il P. G. Boffito, membro della Deputazione di storia patria, ed il P. Morano direttore dell'Osservatorio di Moncalieri (1). In Italia non abbiamo una pubblicazione ufficiale per i dati astronomici e nautici; la Francia ha la *Connaissance des temps*; l'Inghilterra il *Nautical Almanac*; l'America una pubblicazione di egual titolo e la Germania il *Berliner Jahrbuch*. In Italia si trovano dati astronomici nello *Annuario Astro-Meteorologico* dell'abate Massimo Tono di Venezia e nell'*Almanacco Italiano*. I principali Osservatori astronomici del regno fanno stampare calendari con alcune indicazioni astronomiche utili alla vita civile: ma per la navigazione si ricorre generalmente al *Nautical Almanac* inglese. L'Inghilterra possiede nel suo *Whitaker's Almanac* un modello del genere, utile ad ogni classe di persone. E menzionando almanacchi, come scordare quello di Gotha così giustamente famoso, e lo *State's man Yearbook*, indispensabile ad ogni statista e diplomatico?

La storia degli almanacchi, tentata in questi ultimi tempi da Champier, da Wilsinger, da Denis, da Uhl ed altri, non è compiuta, ma sull'almanacco della storia, gli anni ed i secoli scrivono il doloroso corso degli umani eventi, e della stirpe di Adamo le lotte sanguinose, che il cieco e muto spazio non vede e l'Universo ignora. Rotteano gli astri, e corrono per le vie del cielo a

(1) Anche questo *Annuario* è oggi (18 giugno 1902) cessato.

sconosciuta meta, nascono e muoiono mondi, e per l'etra sconfinata si svolge inconscia e fatale l'evoluzione del tutto e traccia non ne rimane nè vestigio. L'eternità non ha almanacco, ed il tempo scolpisce i suoi annali nell'infinito nulla (1).

(1) Mi si consenta di rendere vive grazie ai cortesissimi signori conte Cipolla, lo storico insigne, e commendatore Carta, il dottissimo prefetto della Biblioteca Nazionale di Torino che mi favorirono dei loro sapienti consigli e di preziose indicazioni bibliografiche.



LA FORMA E LA GRANDEZZA DELLA TERRA

Tranne le ricerche riguardanti la parallasse delle stelle fisse, che condussero alla scoperta della nutazione e dell'aberrazione, la storia della scienza non presenta alcun problema in cui l'oggetto conseguito — la conoscenza della compressione media della Terra e la certezza che la figura di essa non è regolare — sia di sì gran tratto sorpassato in importanza dagli acquisti incidentali che, nel corso del lungo ed arduo cammino percorso per conseguirlo, hanno accresciuto il patrimonio delle scienze matematiche ed astronomiche.

HUMBOLDT, *Cosmos*.

I.

I metodi adoperati fino ad oggi per la misura della grandezza e la determinazione della forma della Terra sono di tre sorta, geodetici, fisici e astronomici: i primi sono antichi quanto i primi passi dell'uomo movente alla conquista ed alla conoscenza delle cose, gli altri due, recenti affatto. Rifacciamo collo spirito la via che la mente degli uomini tenne per giungere da quei primi e semplici tentativi alle complesse e lunghe operazioni dei moderni, arriveremo più presto e me-

glio a comprendere come sia oggidì risolto il problema della grandezza e figura della Terra, che è uno fra i più importanti delle scienze matematiche applicate, in relazione specialmente colla vita sociale dell'umanità.

Le questioni che gli uomini si sono fin da principio proposte sono le seguenti: 1° Qual'è la forma del mondo sul quale essi vivono? 2° Quali sono le dimensioni di questo mondo? È evidente che la seconda questione non può precedere la prima; per ottenere le dimensioni di un corpo, bisogna prima conoscere come esso sia fatto per sapere qual cosa si deve misurare, altrimenti non si viene a capo di nulla. Gli antichi pertanto cercarono, prima d'ogni altra cosa, di scoprire come era fatto il mondo da essi abitato. Le prime indagini di questo genere non poterono naturalmente aver altro di base, che la porzione di superficie terrestre accessibile agli uomini che le istituivano: si è perciò che i primi concetti circa la forma della Terra ritraggono le impressioni vergini dei sensi. Orbene, queste impressioni ci mostrano la superficie sulla quale stiamo, come la faccia piana di un disco circolare, del quale, soprattutto sul mare o su vaste pianure, noi ci crediamo al centro; ciò ben inteso, astraendo dai monti e colli che la mente subito si rappresenta come elevantisi su quella superficie.

Il vecchio concetto oceanico che informa i poemi di Omero, e secondo il quale la Terra era un vasto disco circondato dal gran fiume Oceano vigeva ancora ai tempi di Erodoto, il quale non

nascondeva il suo disprezzo per quei filosofi che volevano che la Terra fosse un corpo sferico. Consentaneo alla sua idea il grande storico greco ammetteva che le regioni terrestri, poste ad oriente là ove nasce il Sole, e quelle ad occaso, la ove il Sole muore, fossero, come più vicine, molto più riscaldate dal Sole levante o cadente. Possidonio narra, secondo Strabone, di aver udito dire che in Ispagna si sentiva realmente una specie di stridore, cagionato dalle fiamme del Sole che si tuffavano e si spegnevano nel mare, come riferirono anche Giovenale ed Ausonio.

A vero dire molte delle ipotesi formulate dai seguaci delle scuole ioniche ed eleatiche, e più tardi anche dai dotti stoici ed epicurei sono molto più assurde di quella fondata sopra un'illusione, ma naturale e semplice, sostenuta da Erodoto. Alcuni volevano che la Terra fosse foggia a lente; Anassimene la assomigliò ad una mensa, Leucippo ad un timpano, Democrito a un disco, Crate a un semicircolo, Possidonio a una fionda, altri a una piramide; altri l'hanno creduta quadrangolare; altri concava; altri piatta; altri cubica. Persino l'acuto Anassagora professava l'opinione di Erodoto. Questa era così comune, che quando Pitea, che aveva tanto viaggiato, racconta nel suo libro *Sull' Oceano*, che andò perduto, i fenomeni che avea osservato e che non altrimenti si lasciavano spiegare che colla dottrina della sfericità della Terra, i più misero in dubbio i fatti affermati. Da taluni si crede che Talete insegnasse la dottrina della

sfericità della Terra, ma ciò non è ben certo e pare che potesse anche senza di essa pronunziare la sua celebre predizione d'eclisse.

Fu opinione popolare degli antichi che la Terra presentasse una superficie concava; ma pur questa durò poco, sebbene rammentata da Orazio, Lucano, Silio Italico e Claudiano; il quale ultimo dice di un luogo che par che supponga situato nella zona torrida, quindi agli orli della Terra, che quivi si sentono le sferzate che il Sole dà ai suoi cavalli, quando il suo cocchio comparisce la mattina sul limitare del mondo. Il dotto Rabbino Abraham ben Chija dimostrò nel medio evo che la Terra non poteva essere concava con considerazioni semplici e giuste.

Professavano indubbiamente la dottrina della sfericità della Terra Pitagora e Parmenide, scolaro questi di Xenofane e dal quale proviene anzi la divisione della Terra in zone, che anche oggi s'insegna nella geografia. La scuola Pitagorica seguì naturalmente le idee del maestro. Aristotele ed Archimede collocarono l'asserto della sfericità della Terra fra le verità scientificamente ben assodate, e solo nel medio evo essa fu per poco abbandonata.

La decadenza del sapere in sul principio dell'età di mezzo esercitò anche sull'argomento che ci occupa la più perniciosa influenza. Padri della Chiesa come Ephraim, Diodoro, Teodoro da Mopsuestia, Acacio da Cesarea, Grisostomo, Saveriano, pensavano il cielo essere come un gran tetto emisferico coprente il suolo, e coll'autorità

di squarci biblici sostenevano il mondo essere foggiato a padiglione, a casa, a camera. Il famoso Lattanzio cade in un analogo errore, per il che Copernico non esita a dichiararlo uno scrittore fanciullesco ed un matematico molto debole. Un anonimo geografo di Ravenna divise la Terra in due regioni, in luce l'una, l'altra nelle tenebre, fra loro separate da alte montagne. Cosma, monaco detto pei suoi viaggi nell'India Indopleuste, fabbricò su tutte quelle fantasticherie un sistema cosmologico. Montfaucon nella sua raccolta di opere patristiche cercò di rappresentare col disegno l'ipotesi del geografo di Ravenna; di quei disegni però, secondo il Günther, è autentico solo quello pubblicato da G. Marinelli nel dottissimo suo scritto: *La Geografia ed i Padri della Chiesa*.

Ancora nel secolo VIII certo Virgilio prete, soffrì l'inimicizia di S. Bonifacio vescovo di Magonza e di Papa Zaccaria da esso influenzato, per aver osato sostenere l'*iniqua hæresis* che vi fossero antipodi, il che, a quanto afferma Keplero, gli valse la perdita del suo vescovado (1).

Si attenero per contro a più esatti concetti Origene, Clemente Alessandrino, Gregorio da Nyssa, Basilio; Sant'Ambrogio nulla trovò di

(1) Vogliono alcuni che questo Virgilio Prete fosse vescovo di Salzburg: ma Leopardi (*Saggio sugli errori popolari degli antichi*), appoggiandosi all'autorità di Pagi e Le Coimte, sostiene che questo Virgilio prete non va confuso con un santo vescovo di *Salisbury* (*sic*) dello stesso nome. Ma da Salisbury a Salzburg, ci corre.

riprovevole nel riconoscere la verità; Sant'Agostino si mantenne in una prudente riserva. Professavano la dottrina della rotondità della Terra uomini come Giovanni Scoto Erigena ed il venerabile Beda, dal quale ultimo provengono le esatte dottrine seguite da Alcuino e da Adamo da Brema, che assicurarono ognor più la definitiva vittoria della fondamentale verità geografica. Che essa poi fosse generalmente accettata nel XII secolo lo provano i seguenti versi in vecchio francese:

Si que andui egaument alassent
Il comendrait qu'il s'encontrassent
Dessus le leu dont il se murent.

In questi il poeta Omons espone quel che egli riteneva avverrebbe, se due uomini partendo da un dato punto, si muovessero con uguale velocità in direzioni opposte, cioè che essi s'incontrerebbero in un punto della Terra diametralmente opposto a quello di partenza.

Da misure istituite dagli Arabi, sulle quali dovremo tornare più avanti, appare che essi ammettevano la rotondità della Terra. Di questa, il loro grande Abulfeda vedeva una delle più naturali conseguenze quando insegnava che in un viaggio intorno alla Terra si sarebbe perduto o guadagnato un giorno a seconda della direzione in cui si compisse il viaggio. I lavori di Steinschneider e Peschel hanno mostrato che però

anche presso gli Arabi, quel gran popolo pensatore e guerriero, non poca opposizione incontrò nel suo cammino il gran vero del quale stiamo rapidamente scorrendo l'istoria.

Strano a dirsi, in Persia, sul principio del secolo decimonono, persone occupanti alte cariche non prestavano ancor fede alla rotondità della Terra. Un certo Mirza infatti, che nei primi anni del secolo passato venne in Inghilterra, in qualità di segretario di un'ambasciata dello Schah, narra come il personale dell'ambasciata medesima rimanesse grandemente meravigliato udendo dai marinai della nave che li portava, *che la Terra è rotonda.*

I Chinesi credono ancora oggi che la Terra sia un gran disco piatto circondato dall'Oceano, abitato nei suoi estremi confini da razze favolose d'uomini, corrispondenti ai Cimmerici ed ai Pigmei dei Greci: ma anche colà s'incomincia dai dotti ad accogliere la rotondità della Terra.

Nel Giappone la vera forma della Terra era riconosciuta fin da più di due secoli fa. Herren narra che un fabbricante di globi geografici in quella estrema regione orientale, fondò nel 1670 la sua industria su questo concetto: " Finora si riguardò la Terra come piana, perchè ci hai tu rappresentata rotonda la Terra? Io ho risposto: in To-shio-shen sta scritto che tonda è la Terra come una sfera, io perciò l'ho così rappresentata „.

I Pirati Malesi, a quanto raccontano Jagor e Peschel, ben conoscono a modo loro la roton-

dità della Terra: essi d'ordinario già tenuti in sull'avviso dalle loro spie, scorgono il fumo della nave da guerra che li insegue, in tempo per poter fuggire colle loro barche piatte. Essi battono una rotta perpendicolare a quella dell'incrociatore nemico, e si nascondono così sotto la curvatura della Terra, come sotto un tetto. Plinio il Vecchio poi già sapeva benissimo, che per ogni luogo l'estensione del campo di visione dipende e dall'altezza e dalla rotondità della Terra.

Tralasciamo di dire della grande questione che agitò tanti dotti del medio evo, della relazione di forma dell'Acqua e della Terra, della quale si occupò anche Dante nel suo celebre trattato su tale argomento, e che fu chiusa definitivamente da Copernico, che dimostrò come la Terra coll'Acqua formino una sfera. Intorno a tale trattato il P. Boffito, barnabita, pubblicò or non è molto un pregiato studio critico.

Ora la dottrina di Pitagora è ritenuta come verità inconcussa da tutti i popoli: la scienza moderna l'ha solo leggermente modificata, ed insegna che non sferica, ma sferoidica e di poco diversa da una sfera è la Terra, come speriamo far dimostrato nei capitoli seguenti.

Un'istoria della lotta per la conquista delle verità riguardanti la sfericità della Terra e l'esistenza degli antipodi, si trova nel volume primo dell'opera *Storia della lotta della scienza con la Teologia nella cristianità*, del signor Andrea Dickson White, ambasciatore degli Stati Uniti dell'America del Nord, a Berlino.

II.

I savi Greci fatti persuasi della vera figura della Terra, pensarono anche a misurarne la grandezza. Ma a ciò eseguire non valgono i mezzi usati per la valutazione delle grandezze, che si presentano nella vita usuale, per di più la superficie terrestre, così varia per configurazione e natura, offre a coteste indagini ben difficile appiglio. Se pertanto vuolsi riuscire a qualche cosa di concreto bisogna, seguendo l'esempio dato dalla geometria nella misura delle aree e dei volumi, assurgere a qualche cosa di ideale, fare per un momento astrazione dalla realtà, per poi tornarvi meglio e più da vicino, ed immaginare una Terra, oserei dire, teorica od ipotetica; o, per parlare più correttamente, lasciare per poco i dettagli in disparte ed esaminare la Terra nel suo complesso: così appunto si fece. Si considera la Terra come un tutto di nota figura, e si cerca di misurarne la grandezza; pertanto, lo si noti bene, a base di tutte le ricerche antiche e moderne sulle dimensioni della Terra sta un'ipotesi, quella della forma di essa, senza la quale nulla si sarebbe concluso mai.

Il primo estimo delle dimensioni terrestri sembra essere stato fatto dai Caldei; ma la prima misura intorno alla quale si abbiano particolari autentici è quella istituita da Aristarco da Samo

(280 a. C.); il concetto di essa è esatto ed oggi ancora informa i più delicati procedimenti della geodesia. Se d'una sfera si riesce a conoscere la lunghezza di un arco di cerchio massimo di nota ampiezza, si deduce immediatamente il raggio della sfera. Per giungere a ciò si scelgono due punti situati sul medesimo meridiano (gli antichi dovevano accontentarsi in questo, come nel resto, di una approssimazione un poco larga), e se ne misura, o se ne ricava indirettamente la distanza, l'ampiezza dell'arco compreso fra quei due luoghi sarà uguale alla differenza delle loro latitudini.

Gli antichi deducevano la latitudine nel modo seguente. Misuravano con cura la lunghezza di un gnomone o asta verticale e della sua ombra meridiana ai solstizii, deducendone l'altezza meridiana del sole a quelle epoche, o, il che torna lo stesso, la distanza zenitale meridiana. La semidifferenza delle due distanze zenitali meridiane e solstiziali dà l'obliquità dell'eclittica, e la loro semisomma la latitudine del luogo d'osservazione: talvolta si servivano anche di un apparecchio detto *scaphé*. Così ottenevano più o meno esattamente gli elementi occorrenti al calcolo del raggio terrestre. Molte cause di errore rendevano mal sicura una così fatta misura, ed i risultati di quelle che a noi pervennero non sono troppo concordanti fra loro, il che vuolsi fors'anco in buona parte attribuire all'ignoranza in cui ci troviamo della lunghezza precisa dell'unità di misura che serviva ad esprimerle: unità *stadio* che ebbe, senza dubbio, nelle varie epoche e nei

diversi paesi, differenti lunghezze. La circonferenza di un cerchio massimo della sfera terrestre è infatti, secondo Aristotele, di 400.000 stadi e di 180.000 secondo Tolomeo; le osservazioni degli astronomi antichi, sebbene lontane assai dalla precisione delle nostre, per il grande acume con cui erano condotte rendevano molto improbabili, se non impossibili, divergenze di tale entità; lo stadio di Aristotele è senza dubbio minore di quello di Tolomeo.

Eratostene, Ipparco, Possidonio nell'antichità; gli astronomi Arabi del califfo Almamoun nel secolo ottavo dell'era nostra; Norwood, il medico Fresnel nel decimosesto secolo, Snellio che nel diciassettesimo inventò il procedimento, ancora oggi tenuto, delle triangolazioni, applicarono con precauzioni disuguali e particolari diversi il metodo sopra accennato. Esso fu poi anche seguito da Picard quando nel 1668 fu incaricato dall'Accademia delle Scienze di Parigi di ricercare, colla massima esattezza, la lunghezza del raggio terrestre; ed a quanto sembra, tenuto a Firenze nel 1400 da Paolo dal Pozzo Toscanelli.

Nel 1666 veniva fondata l'Accademia delle Scienze di Parigi, che tanta influenza doveva avere sull'avvenire della scienza, anche per rispetto al progresso ed allo svolgimento della geografia matematica, o geodesia che dir si voglia. Gli scienziati che furono chiamati a formare la nuova istituzione sentirono quanto onorevole sarebbe stato per loro il far cessare ogni incertezza sulla grandezza della Terra. L'abate

Giovanni Picard ebbe l'incarico delle misure necessarie all'alto scopo; egli, coadiuvato dal suo allievo Lahire, le condusse a termine con scrupolose cure e precauzioni, e con mirabili trovati pratici e teorici che grandemente giovarono al perfezionamento della geodesia.

Uno dei risultati più felici della misura di Picard è che essa ha, per così dire, salvato dal nulla la scoperta della legge di gravitazione universale. Quando nel 1666 Newton volle verificare la sua prima idea sulla causa dei movimenti planetarii, adoperò un valore del raggio terrestre molto inesatto, e la legge dell'inverso dei quadrati delle distanze non essendosi verificata, l'aveva abbandonata. Ma dieci anni dopo, quando conobbe la misura dell'abate Picard ne adottò i buoni risultati, rifece i calcoli e la grande legge di natura si trovò verificata.

Sempre fondandosi sulla sfericità della Terra, Keplero propose, per la ricerca del raggio di essa, un altro modo indipendente da qualsiasi osservazione astronomica, più semplice in apparenza, ma irto in pratica di gravi difficoltà. Esso fu adoprato da Riccioli e Grimaldi fra Bologna e Modena, e da Klose nel 1833 fra Strasburg e Durlach in Germania, ma con risultati poco attendibili.

Altri metodi proposero Ghetaldi e Maurolico, che furono seguiti con piccole varianti da Belli, Giuntini, Casati, Clavio e Wright, come ebbero a provare Pietro Riccardi, l'eminente storico della geodesia in Italia, e chi scrive queste pagine.

III.

Colle scoperte dell'immortale Newton s'introdusse nella scienza il concetto che la Terra non potesse essere matematicamente sferica, ma rigonfia all'equatore e di poco schiacciata ai poli. Il nostro globo infatti, coperto in gran parte da liquido e animato da un moto di rotazione attorno al suo asse, non può per quella parte conservare la forma di una sfera, l'equilibrio del mare esige che esso prenda la detta forma.

Newton poi soggiunse che lo stato originariamente fluido, generalmente ammesso, della crosta solida attuale, dovette foggiarla a guisa degli oceani. Nello svolgere le ricerche relative a questo argomento egli si valse di ipotesi molto poco verosimili, ma che tuttavia gli fornirono un risultato vicinissimo al vero, col quale egli affermò che la Terra s'assomiglia, astrazion fatta dai dettagli, nel suo complesso ad una elissoide di rivoluzione attorno all'asse minore.

Poco dopo Newton, Huygens dimostrò pure che la Terra deve essere schiacciata ai poli, e se i risultati numerici ai quali egli pervenne, sono un poco minori di quelli di Newton, ciò è dovuto alle ipotesi sulla costituzione della Terra da lui adottate, ancora più lontane dal vero di quelle di Newton.

Nel 1672 l'Accademia di Parigi mandò a Cajenna, nell'America del Sud, l'astronomo Richer,

perchè eseguisse certe osservazioni sopra Marte, atte a far conoscere la distanza fra la Terra ed il Sole. Arrivato colà l'astronomo francese fu molto meravigliato di vedere che un pendolo, che egli aveva regolato a Parigi, ritardava di due minuti ed un quarto in un giorno, e fu obbligato perchè battesse esattamente i secondi di accorciarlo di una linea e un quarto (millimetri 2,82). Ritornato in Francia, Richer dovette ridonare al pendolo la primitiva lunghezza. Questo fatto, che apparve singolare, fu confermato dalle osservazioni di Deshayes, Varin e Du Glos nella loro spedizione al Capo Verde e da quelle di Halley all'Isola di Sant'Elena. Così ebbe dai fatti sanzione l'affermazione di Picard, il quale fino dal 1671 annunciava che un pendolo doveva oscillare più lentamente avvicinandosi all'equatore. Di questo nuovo fenomeno gli astronomi cercarono subito la causa, che Newton rivelò pel primo nei suoi *Principii* (1687), e che oggi s'insegna in tutti i trattati di fisica e di meccanica, essere la figura ellissoidica della Terra, ed il moto di questa attorno al proprio asse, vale a dire in risultante, la diminuzione della gravità dai poli all'equatore.

Altra conseguenza della forma ellissoidica della Terra, si è la varia lunghezza dei gradi dei meridiani, che sarebbero fra loro uguali solo nel caso in cui la Terra fosse una sfera perfetta. Noi ora sappiamo che i gradi variano (aumentano) come il quadrato del seno della latitudine andando dall'equatore al polo; ma il decidere se

così realmente avviene non fu tanto presto fatto, che anzi ne nacque una controversia vivace che rimarrà celebre nella storia della scienza.

Malgrado i lavori di Newton e di Huygens, e le osservazioni di Picard, Lahire, Richer e Halley sopra ricordati, l'Accademia di Parigi non volle abbandonare così presto la dottrina della sfericità rigorosa della Terra. Nel 1690 Giacomo II d'Inghilterra, re spodestato ed ospite di Luigi XIV, visitò l'Osservatorio di Parigi: esponendo egli la teoria di Newton, gli accademici che lo accompagnavano gli fecero notare, che, sebbene alcuni di loro, avendo visto il pianeta Giove schiacciato, avessero conchiuso per analogia che anche la Terra doveva esserlo, pur tuttavia l'ombra della Terra, che si scorge sulla Luna nelle eclissi perfettamente circolare, li aveva contraddetti. Quei dotti accademici aggiunsero poi che, l'accorciamento del pendolo nei pressi dell'equatore, era in realtà una correzione dovuta alla dilatazione del metallo che componeva il pendolo, prodotto dalla elevata temperatura di quei paesi!!! Bertrand ha calcolato che per produrre l'effetto in quel modo spiegato, l'aumento di temperatura da Parigi a Cajenna dovrebbe essere di 200 gradi centigradi; ma a ciò non badarono gl'interlocutori di Giacomo II, e sbagliarono di grosso.

Giova qui avvertire che i risultati di talune misure istituite fino a quei giorni, sembravano contraddire alle vedute di Newton. Nel 1691, Giovanni Gaspare Eisenschmidt, medico a Stras-

burgo, in un libro intitolato: “ *Diatribè de Figura telluris elliptico sphæroide* „ dimostrò che le misure compiute fino allora, indicavano un accorciamento anzichè un allungamento dei gradi andando dall'equatore ai poli. Egli poi deduceva dai suoi computi che le lunghezze dei gradi di meridiano trovate da Eratostene, Riccioli, Picard, Fernel, Snellius, a varie latitudini corrispondevano perfettamente ad un'ellissoide allungatissimo ai poli. La conseguenza, a rigor di geometria, sembra giusta, tuttavia essa fu contestata con grande vivacità.

Keil, compatriota di Newton, il cui nome compare nelle discussioni per la scoperta del calcolo differenziale, scrive: “ Ci vuole una stupidità ed una sbadataggine prodigiosa per ragionare come Eisenschmidt „. Cassini esprime, nel 1701, in forma più moderata, un'opinione conforme a quella di Keil.

Keil e Cassini stavano dunque con Newton; deducendo da falsi argomenti la verità dello schiacciamento terrestre, interpretando male osservazioni inesatte.

Nel 1683 Colbert incaricò Cassini II, figlio di Gian Domenico, di misurare il meridiano di Parigi attraverso tutta la Francia. Nel 1718 questa grande operazione fu condotta a termine, e si trovò che, contrariamente alla teoria di Newton, i gradi erano più lunghi verso il Sud che verso il Nord. Sbagliando strada ancora una volta, se ne volle dedurre lo schiacciamento polare terrestre: Cassini e Fontenelle corressero l'errore di

geometria, e ricaddero nell'errore di fatto, mantenendosi fermi nell'idea dell'ellissoide allungato. Gli Inglesi, fedeli alle vedute del loro sommo compatriota, sostenevano validamente la teoria dello schiacciamento, con non minore cocciutaggine combattuta dagli Accademici parigini. A troncare la lunga disputa, si propose la misura di un arco di parallelo fra Saint-Malò e Strasburgo. Essa fu eseguita nel 1733 da Cassini: volle il caso che ne risultasse di nuovo la forma allungata della Terra. Gli Inglesi non se ne diedero per vinti, contendendo palmo a palmo il terreno ai loro avversari del continente, e poichè con essi stava l'invincibile verità, trionfarono.

Forse si fu a quest'epoca, che Voltaire lanciò quel suo epigramma d'un Parigino, che andato a Londra, doveva abituarsi a vedere nella Terra un arancio, mentre egli aveva lasciata la casa sua ritenendola un limone.

La notizia delle misure europee di gradi di meridiano era stata dai missionarii portata alle altre parti del mondo, e sembrò per un momento che l'interessamento per esse dovesse farsi vivo anche nell'estremo oriente dell'Asia. Nel 1702 in China presso Pechino, per ordine dell'imperatore Camby, s'iniziò una misura di grado, sotto la guida del gesuita Padre Thomas, assistito da un Principe cinese. Ma questo principio fu anche la fine della misura di gradi nel Celeste Impero.

IV.

All'Accademia di Parigi va attribuito il merito di aver dato impulso alla impresa geodetica più grandiosa per concepimento e più feconda di giusti risultati.

Per consiglio del cardinale Fleury, che seppe sempre rendere favorevole all'astronomia Luigi XV re di Francia, questi ordinò che una spedizione di dotti andasse al Perù a misurare presso l'equatore un arco di meridiano. Componevano la spedizione Pietro Bouguer, Carlo Maria de la Condamine, Luigi Godin e due ufficiali della Marina Spagnuola, Don Jorge Juan y Santacilia e Don Antonio de Ulloa. Questi astronomi arrivarono nel 1735 al Perù, e diedero ben tosto mano ai lavori con grandi cure e precauzioni; malgrado le ingenti difficoltà del luogo, e benchè i lavori, per disaccordi fra i capi, fossero in massima parte eseguiti in doppio, misurarono in sei anni un arco di meridiano di 3°. I risultati di questa memorabile impresa sono ancora oggidì di un'importanza capitale, perchè sono i soli che si abbiano per le regioni equatoriali.

L'arco del Perù sta (1902) per essere misurato una seconda volta; la grandiosa e difficile impresa è stata affidata alla Francia cui spettava di diritto; essa verrà eseguita dal servizio geografico militare francese. Il nuovo arco di meridiano abbraccerà 6° di latitudine, secondo

il progetto dei sig^{ri} Maurain e Lacombe, prolungando così l'antico di un grado verso nord e di 2 verso sud (1).

Era appena partita la spedizione del Perù, che se ne organizzò un'altra allo scopo di misurare un grado di meridiano nel Nord dell'Europa. Di essa fu ispiratore ed uno dei capi, Pierre Louis Moreau de Maupertuis, che indusse Maurepas, ministro di Luigi XV, a farne le spese.

Nel 1736 Maupertuis partì per la Lapponia accompagnato da Clairaut, matematico il cui nome doveva per sempre rimanere gloriosamente nella storia della geodesia, Lemonnier, Camus e l'abate Outtier abilissimo meccanico ed osservatore. Ad essi poi si aggiunse lo svedese Celsius, quello stesso al quale è dovuta la divisione della scala termometrica in gradi centesimali. La dotta compagnia non perdette tempo ed operò fra Tornea e la montagna di Kittis, misurando una base d'operazione sul ghiaccio del fiume che presso Tornea sbocca nel Baltico. L'anno successivo Maupertuis era a Parigi, ed annunciava che aveva trovato un grado molto più lungo di quello di Picard, e quindi corrispondente ad un notevole schiacciamento terrestre.

Questo risultato contrariò vivamente i Cassini che parteggiavano sempre per la Terra allungata ai poli. Maupertuis menava gran vanto della sco-

(1) Per più ampî particolari, vedasi *Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1901*, rapporto del sig. Poincaré.

perta, della quale, senza diritto, attribuibasi il merito esclusivo. Egli si fece dipingere, avvolto in pelliccie, schiacciando colla destra il globo terraqueo. La questione della figura della Terra divenne allora di moda, se ne parlava in tutte le conversazioni, e ci volle tutto l'ardire di Maupertuis per scuotere la potenza dei Cassini perpetuatasi per tre generazioni. D'altra parte lo spirito parigino fece giustizia delle troppo alte pretese designando Maupertuis coll'epiteto di *grand aplatisseur*.

Lo schiacciamento terrestre fu anche constatato dalla grande triangolazione istituita in Francia da Cassini de Thury, figlio di Cassini II, e Lacaille, a verifica del meridiano di Parigi, e finalmente in modo irrefragabile dal paragone dei risultati del Perù con quelli di Francia e di Lapponia.

Nel XVIII secolo s'istituiscono in Europa, America, Asia altre misure d'archi di meridiano; tacendo delle altre diremo poche parole intorno a quelle eseguite in Italia, anche perchè da esse s'incominciò a tener conto di talune circostanze, avvertite ma trascurate per lo innanzi, e che oggidì formano importante oggetto delle ricerche degli astronomi e dei geodeti.

V.

Nelle ricerche di geodesia, già lo avvertimmo, si assurge alla ricerca di una figura ideale della Terra, facendo, per la natura stessa del problema,

astrazione dai dettagli. Questi però esercitano non poca influenza sulle misure e sui risultati, in quanto essi vengono riferiti alla presupposta figura ideale. I dati di osservazione che noi raccogliamo colla misura, sono ben diversi da quelli che otterremmo, se potessimo operare sopra una Terra ipotetica che avesse la forma dell'ellissoide di rivoluzione schiacciata, che di necessità si pone a base di tutte le ricerche di geodesia. L'eterogeneità della Terra, e le disuguaglianze della sua superficie esterna sono causa di queste deviazioni della teoria dalla realtà. A causa di queste circostanze, la *verticale fisica*, che è quella secondo la quale cadono i gravi liberi per tempo brevissimo, e secondo la quale si dispone in un dato istante il filo a piombo, non coincide con la *verticale geodetica o normale*, che è la normale a quella ipotetica ellissoide. Per questa differenza (sulla quale torneremo in disteso più avanti) s'introdurrà nella determinazione di quella ellissoide, coi dati dell'osservazione, un errore, di cui bisogna tener conto e che dicesi *deviazione della verticale*. È evidente che l'attrazione delle montagne, dei continenti, isole, gli avvallamenti, qualsiasi distacco insomma da quella ellissoide ipotetica della figura reale terrestre, produce una deviazione della verticale.

Ora secondo i luoghi la verticale fisica s'allontana diversamente da quella geodetica, alterando in vario modo le latitudini e longitudini ideali di essi. Gli archi di meridiano, l'ampiezza dei quali è data dalla differenza delle latitudini

degli estremi, varieranno non solo, come già si disse, colla latitudine, ma per latitudini uguali, colla situazione topografica degli estremi medesimi. Ciò sapevano benissimo gli astronomi del tempo di Boscovich, ma egli vi si fermò pel primo con idee di giustissima portata.

Per ordine del Papa Urbano XIV, i Padri Maire e Boscovich della compagnia di Gesù, accingendosi a rilevare la carta degli Stati della Chiesa, misurarono fra il 1751 ed il 1753 l'arco di due gradi che si stende fra Roma e Rimini. Il risultato di questa misura fu poco buono, al pari di quello della misura istituita da Riccioli e Grimaldi a Bologna nel 1660, che condusse ad un valore del grado grossolanamente errato.

Per verificare le sue idee sull'attrazione delle montagne Boscovich consigliò la misura di archi di meridiano in Piemonte, Austria, Ungheria e Pensylvania in America. Il primo di questi archi, quello del meridiano di Torino, fu misurato fra il 1762-64 dal P. Beccaria, ed applicando il metodo delle triangolazioni di Snellio, quando era già accettata la teoria di Huygens e Newton sulla figura ellissoidica del nostro globo. Questa misura è però inquinata da molti errori, e trovò poco buona accoglienza presso gli astronomi, così che malgrado la revisione fattane da Zach sul principio di questo secolo, Laplace non se ne valse nei calcoli dei semi-assi dell'ellissoide terrestre.

Da questa misura risultò, fra l'ampiezza osservata dell'arco, e quella dedotta geodeticamente, una differenza di 34". Plana e Carlini, rivedendo

nel 1821 l'operazione di Beccaria, trovarono 48'', anomalia veramente notevole. Ritorniamo più in disteso su questo interessantissimo argomento della deviazione della verticale.

VI.

Il secolo decimottavo che, in sul finire, sì profondi mutamenti doveva apportare alle sorti umane, si chiude anche nell'astronomia e geodesia, con una grande intrapresa, importantissima anche per la vita civile, quella dello stabilimento del sistema metrico decimale.

La storia delle operazioni eseguite a quel fine è risaputa, non vi ci fermeremo per tanto; ci siano però al riguardo consentite alcune poche osservazioni.

Su proposta di una commissione nominata dall'Assemblea Nazionale e composta di Borda, Condorcet, Laplace, Lagrange e Monge (19 Marzo 1791) approvata dall'Assemblea Nazionale il 26 marzo 1791, e sanzionata dal Re Luigi XVI con decreto del 31 del mese medesimo, fu stabilito che il *metro* dovesse essere la decimilionesima parte del quarto del meridiano terrestre passante per Parigi. Con decreto del 18 Germinal anno III (7 aprile 1795), senza che fossero finiti i grandiosi lavori di Delambre e Méchain, si stabilì che il metro dovesse essere lungo 443,44 linee della tesa del Perù. Con legge del 19 Brumaire anno VIII (10 Dicembre 1799) fu stabilito per lunghezza del metro 443,296 linee della tesa del

Perù, che fu resa legale a partire dal 23 Settembre 1801 con decreto del 4 Novembre 1800. La tesa del Perù veniva osservata, per determinare il metro campione a $16^{\circ}25$ di temperatura centigrada.

Non ci faremo a dire come questa unità di misura sia stata tradotta in atto e diffusasi poco per volta nel mondo, noi la considereremo solo sotto l'aspetto geodetico. Sotto questo aspetto il metro, come fu definito, non è una misura nè universale, nè naturale.

Prima di tutto non è naturale perchè fu derivata dalla figura ellissoidica della Terra, che, lo dicemmo, è puramente ipotetica, e d'alquanto si scosta dalla reale.

Non è poi universale, e valga il vero; per dedurre le dimensioni del globo terrestre dalle misure che Méchain e Delambre avevano eseguite in Francia fra il rombar del cannone e la tempesta rivoluzionaria, nell'ultimo decennio del secolo diciottesimo, con pericolo di vita ed immenso amore della scienza, fu d'uopo combinarle con quelle del Perù; da entrambe si ebbe la lunghezza del meridiano di Parigi e del metro. Il quale, perchè ricavato da soli lavori francesi, trascurando quelli, pur pregevolissimi, istituiti da valenti astronomi d'altre nazioni; e dal meridiano della Francia, è locale, nazionale e non al certo universale. Tale potrà dirsi fra qualche tempo, se non per l'origine, per l'introduzione sua presso tutte le nazioni civili, che ora non pare più tanto lontana.

Nei calcoli poi per la ricerca della lunghezza del metro si trascurarono le influenze delle attrazioni locali manifestantisi colle deviazioni della verticale. Biot ed Arago, in sul principio di questo secolo, ripetendo le operazioni di Méchan e Delambre, giunsero ad uno schiacciamento dell'ellissoide terrestre differente da quello ottenuto dai primi. Il geodeta francese Puissant poi scoprì un notevole errore nelle triangolazioni francesi: e l'insigne astronomo tedesco Bessel, rifacendo dopo ciò la ricerca della lunghezza del metro in base agli archi di Francia e del Perù, ottenne per essa un valore diverso da quello stabilito dalla legge francese. Si avverta poi che da uno studio dell'americano Preston risulta che l'arco del Perù potrebbe essere errato di parecchi secondi.

Il risultato di Bessel fu confermato dai calcoli istituiti in seguito, colla combinazione di molte lunghezze d'archi di meridiano, le quali conducendo a dimensioni del globo, non esattamente uguali, danno pei meridiani, e quindi per quello di Parigi e pel metro lunghezze diverse. Con molta ragione però si pensò di conservare inalterata la lunghezza originale del metro, base fondamentale di tutto il sistema metrico decimale così utile, così pratico nella vita. Speriamo che introdottosi fra breve presso tutte le nazioni civili esso corrisponda al motto:

A tous les temps, à tuot les peuples,

inciso sulla medaglia coniata all'istituzione di quel mirabile e semplice sistema.

Listing (*Ueber unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde*, Göttingen, 1872) chiama errore del metro la differenza fra la lunghezza del metro campione in platino, che si conserva agli archivi di Parigi a 0 gradi di temperatura e la lunghezza della decimilionesima parte del quarto del meridiano terrestre risultante da ogni calcolo delle dimensioni terrestri. La tabella seguente dà l'errore del metro relativo ai principali computi delle dimensioni terrestri. Il matematico francese Bertrand riprodusse incompletamente la tavola calcolata da Listing in un suo lavoro pubblicato nel Novembre 1874 nel *Journal des Savants* e riprodotto nel Dicembre 1875 dal *Bulletin des Sciences Mathématiques et Astronomiques*, vol. IX. Molai e gravi errori di stampa rendono inutile la tavola pubblicata dal Bertrand, che sta a pagina 255 del detto volume.

Tavola del così detto errore del metro risultante da vari computi delle dimensioni della Terra.

1800	Delambre	0,0000	millimetri
1810	"	0,0587	"
1819	Walbeck	0,0268	"
1830	Schmidt	0,0061	"
1830	Airy	0,0976	"
1841	Bessel	0,0856	"
1856	Clarke	0,1620	"
1858	"	0,1984	"
1861	"	0,1949	"
1863	"	0,1902	"
1863	Pratt	0,1924	"
1866	Clarke	0,1887	"
1868	Fisher	0,1714	"
1872	Listing	0,0218	"
1880	Clarke	0,1868	"

Nell'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pel 1902, si legge quanto segue: " D'après les mesures géodésiques modernes, la dixmillionième partie du quart du méridien terrestre est plus grande que le mètre légal d'environ $0^m,0002$ „. Ciò appare dai risultati precedenti. Per un paragone fra il metro e l'unità di misura inglese il *yard*, è interessante un articolo di John Herschel pubblicato nel 1878.

Convorrà soffermarci alquanto su questa importantissima questione del metro, a completare quello che già ne dicemmo altra volta (1). Poichè le misure della Terra dànno per il meridiano terrestre una lunghezza diversa da quella che servì a stabilire la lunghezza del regolo di platino che come campione del metro fu presentato all'Assemblea Nazionale in Parigi il 22 giugno 1789, così non si può definire il metro come la decimilionesima parte del quarto del meridiano. Il metro oggidì è la lunghezza del regolo di platino conservato agli archivi di Parigi, in determinate condizioni, che è divenuto così il campione o prototipo delle misure di lunghezza. Quel campione fu depositato agli Archivi Nazionali, ove è ancora. Il metro, prima di essere, assieme al chilogramma, presentato al corpo legislativo fu presentato all'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Francia, e nel suo rapporto su quell'argomento, Van Swinden, uno dei membri

(1) *Il metro, il chilogramma, il minuto secondo* nel libro *In Cielo*, Torino, Bocca, 1897.

della commissione per il metro, si espresse nel modo seguente:

“ Nous présentons à l'Institut au nom de la classe des sciences mathématiques et physiques le mètre en platine destiné à être offert au corps législatif et à y rester en dépôt. Il a été fait comme tous les autres par l'excellent artiste Lenoir, sous la direction des membres de la commission qui ont été nommés pour suivre cet objet; et il a été vérifié avec le plus grand soin et avec des précautions qui seront constatées sur un procès-verbal.

“ Cet étalon sera sans doute conservé avec le même soin, je dirais volontiers, avec ce même respect religieux, avec lequel on a conservé la *pile de Charlemagne* pendant cinq siècles, au cours desquels ce précieux monument se trouve ne pas avoir subi de changement. Mais, par sa nature même, cet étalon ne doit servir que dans les cas extrêmement rares où il s'agirait de faire des vérifications très importantes; il ne saurait servir aux étalonnages ordinaires, et il ne doit absolument pas y être employé „.

Facevano parte della commissione del metro, sei italiani, fra cui il sommo matematico Luigi Lagrangia, il Balbo rappresentante del Re di Sardegna, sostituito poi da Vassalli-Eandi, Giovanni Fabbroni fiorentino, e l'abate Lorenzo Mascheroni bergamasco.

I campioni depositati all'archivio di Stato di Parigi non sono ora più che preziosi cimelii di metrologia. I veri campioni prototipi sono oggidi

conservati all'ufficio internazionale di pesi e misure stabilito in Parigi a Breteuil nel Parco Saint Cloud, dalla parte di Sèvres.

Questo ufficio fu creato allo scopo di unificare fra le varie nazioni i pesi e le misure, cui si mirava da tanto tempo. Da Accademie, da Società scientifiche, da congressi partivano voti e mozioni tendenti a quell'unificazione. La Francia, che già era stata la creatrice del sistema metrico, e che ne custodiva ancora gelosamente i prototipi, li raccolse e si fece iniziatrice della loro attuazione. A tal fine una prima riunione dei rappresentanti delle principali nazioni venne indetta dal governo francese pel 1870 nel Conservatorio di arti e mestieri. Venticinque Stati accettarono l'invito: venti furono rappresentati alle adunanze di questa Commissione, che durarono dall'8 al 13 Agosto 1870. Il cannone, tuonante per la guerra franco-prussiana, sciolse quella pacifica e benefica congregazione. Le sedute furono riprese nel Settembre 1872, ad esse assistevano, rappresentanti di ben ventinove Stati d'Europa e d'America, dieci delegati francesi e trentasette stranieri. L'Italia vi era rappresentata dal Generale Ricci e dal Prof. Gilberto Govi. In quelle riunioni furono prese fra le altre le deliberazioni seguenti:

Per la costruzione del metro internazionale si prende come tipo originale il metro degli archivi di Parigi nello stato in cui si trova.

Il metro internazionale avrà la lunghezza di 1 metro, a zero gradi di temperatura.

Per costruire il metro internazionale e gli altri campioni che dovranno essere distribuiti alle varie nazioni, si adopererà una lega composta di 90 parti di platino e 10 di iridio. Questo prototipo del metro è un'asta lunga 102 centimetri fusa in un sol pezzo, ed avente una sezione retta in forma di due V di grossezza uniforme e di grande apertura giacenti orizzontalmente, e riuniti pei loro vertici alquanto allargati da una stretta striscia metallica del medesimo spessore, e sulla faccia superiore di questa così detta striscia stanno le estremità del metro, che sono definite da due tratti trasversali, ciascuno dei quali si trova in mezzo a due altri che distano da esso di mezzo millimetro: i tre tratti sono attraversati da altri tratti longitudinali distanti fra loro di un decimo di millimetro, e che determinano l'asse del regolo.

La forma del prototipo del metro è stata dal signor De Parville assomigliata a quella di certe panche metalliche da giardino, e dal Professore Costantino Pittei a quelle sedie antiche dette alla Savonarola ed ora tornate di moda.

Questo campione del metro, costruito con ogni cura e diligenza, e paragonato con quello degli archivi, fu detto metro internazionale e viene indicato col simbolo **M**. Ad esso furono paragonati gli altri campioni che furono distribuiti alle varie nazioni: questi sono detti metri nazionali. All'Italia furono assegnati quelli che portavano i numeri 1 e 9, essi vennero portati in Italia dal senatore Brioschi che rappresentava

l'Italia alla conferenza per il metro tenuta in Parigi il 24 settembre. Quei campioni del metro, assieme a quelli del chilogramma sono conservati in Roma, in apposito locale del laboratorio metrico centrale, dipendente dal Ministero d'Agricoltura, Industria e Commercio.

Il metro campione, o metro internazionale, fu assieme a quello del chilogramma depositato in un armadio in ferro che in un sotterraneo dell'Istituto di Breteuil serve a custodire i campioni internazionali, il 28 settembre 1889, da una commissione di cinque membri del Comitato internazionale di pesi e misure. Quell'armadio si apre solo in circostanze rarissime, in presenza di commissarii speciali. In caso di guerra l'edificio di Breteuil ove è il laboratorio e l'ufficio internazionale di pesi e misure sarà neutro ed inviolabile. L'ufficio internazionale di pesi e misure a Breteuil è l'istituto del mondo meglio fornito di apparecchi per le misure di precisione, tutti i lavori che ne escono sono modelli di sagacia, del più minuto scrupolo scientifico e di profonda dottrina. Il primo direttore di esso fu l'italiano Gilberto Govi; il senatore Blaserna rappresenta oggi l'Italia nell'ufficio internazionale di pesi e misure.

VII.

Finora non abbiamo parlato che di misure di archi di meridiano, ossia di gradi di latitudine: dobbiamo ora far cenno di quelle di archi di parallelo, ossia di gradi di longitudine.

Se la Terra ha forma di superficie di rivoluzione, i paralleli sono, al pari dell'equatore, cerchi; se la superficie non è di rivoluzione, i paralleli saranno curve la cui natura dipenderà da quella della superficie stessa.

Già Lacaille, dopo la sua misura d'arco di meridiano al Capo di Buona Speranza nel 1750 aveva emesso dubbî sulla forma di rivoluzione della Terra: ed a quanto dice Gerlach, D'Alembert pure si era pronunziato al pari di Pasquich in questo senso, dichiarando come ritenesse le misure di latitudine insufficienti a fare intiera la luce sulla figura della Terra.

Dopo la già accennata misura di Cassini in Francia, la prima misura d'arco di parallelo che incontriamo, è quella che nel 1812 s'iniziò per accordi fra i Governi d'Austria, Francia e Piemonte; che istituita dapprima a scopo di costruzione di carte geografiche fu, per consiglio anche di Laplace, destinata a servire altresì alla determinazione della figura della Terra, e fu chiamata "misura di un arco di parallelo medio", perchè eseguita sul parallelo di 45° e qualche minuto. La stazione più occidentale di questo arco era il segnale Ferlanderie presso Saintes in Francia, collegato con Marennes, la più orientale la torre di Santa Giustina in Padova; si avevano segnali sul Moncenisio e sugli Osservatori di Torino e di Milano. L'ampiezza in longitudine dell'arco misurato tra Marennes e Padova fu di $0^{\text{h}}51^{\text{m}}56^{\text{s}}428$ in tempo, pari a $12^{\circ}59'3'',72$ in arco.

Gli azimut misurati in queste stazioni mostravano non piccole differenze con quelli dedotti colla triangolazione, partendo da Parigi; ma questa differenza fu insolitamente notevole sul Moncenisio, ove l'azimut osservato risultò più piccolo di quello calcolato di $49''$,55. Questa differenza si attribuì alla deviazione della verticale o ad una irregolarità della figura della Terra in quella regione. Questa opinione si convalidò quando si riconobbe che l'ampiezza dell'arco compreso fra gli Osservatori di Torino e di Milano, che geodeticamente si trovò di $1^{\circ} 30' 14''$, differiva da quella astronomica di $31''$,29. Nel 1885 il dott. Michele Rajna ed il professore Francesco Porro determinarono la differenza di longitudine fra Torino e Milano che risultò di $1^{\circ} 29' 41''$, dando così un divario coll'ampiezza geodetica di $33''$. A questo proposito così scrive il senatore Schiaparelli: " La differenza di $33''$ rappresenta l'effetto complessivo delle attrazioni che il filo a piombo soffre a Milano e a Torino nel senso Est-Ovest; effetto che forse in questo caso non è tutto dovuto all'attrazione delle montagne, ma potrebbe in parte essere attribuito a distribuzioni molto anormali della densità sotterranea nei terreni della Valle Padana, delle quali avrò a dire in seguito „ (1). I gradi di longitudine trovati con questa grande operazione non risultarono fra loro uguali; fra il massimo di 77984^m ,95

(1) SCHIAPARELLI: *Sulle anomalie della gravità* (*Rivista Geografica Italiana*, maggio-giugno 1896).

ed il minimo di 77792^m,00 si ha una differenza di 192^m,95. Questa, sebbene accenni ad una figura della Terra non esattamente di rivoluzione, pare a Baeyer così grossa, da non potersi senz'altro ritenere come corrispondente ad un fatto vero, almeno intieramente.

Le differenze di longitudine, non si misuravano allora come oggi, col telegrafo e col cronografo, ma con segnali a polvere, metodo soggetto a non poche e serie incertezze.

Nel 1816 il generale v. Müffling propose in Germania una grande misura d'arco di parallelo: le vicende della sua carriera lo distolsero da essa e la cosa fu abbandonata, non senza che venisse istituita la misura della differenza di longitudine fra Seeberg e Dünkirchen. In Inghilterra nel 1856 è misurato sotto la direzione di Airy l'arco di parallelo compreso fra i meridiani passanti per l'Osservatorio di Greenwich e Valencia, sulla costa occidentale dell'Irlanda.

Ma in questo genere il lavoro più colossale eseguito è la misura dell'arco di parallelo di 52° di latitudine Nord iniziata da W. Struve e da lui istituita attraverso l'impero russo. La misura di Struve diede luogo al primo progetto di una unione degli Stati Europei per il compimento di un grande lavoro geodetico d'insieme.

La catena di triangoli che si stende lungo questo arco di parallelo di 52° che abbraccia ben 69 gradi di longitudine, va da Valencia in Irlanda ad Orsk sui confini dell'Asia. Il signor Vanukoff calcolando recentemente la lunghezza di diverse

parti di questo parallelo, ebbe a trovare che non è un cerchio, e che la lunghezza di un suo grado non è la stessa nelle diverse parti d'Europa; anche qui appare la forma non esattamente di rivoluzione della Terra. Per il calcolo completo di questo arco di parallelo il signor Bonsdorff, ha, pochi anni sono, pubblicato alcune formole molto utili. Ne piace qui ricordare che, nel 1884, il professore Jadanza ha proposto un nuovo metodo per la misura di un arco di parallelo.

Quando saranno ultimati i lavori ed i calcoli ora in corso in Rumenia, si avrà lungo il parallelo medio di 45° una rete di triangoli abbraccianti non meno di 39 gradi in longitudine, che potrà servire grandemente in avvenire, specialmente quando, che non pare tanto prossimo, potrà venir confrontata con un'operazione simile eseguita nell'emisfero australe.

Altre grandi operazioni geodetiche degli ultimi cinquant'anni sono le seguenti:

L'arco anglo-francese lungo ben 28 gradi, da Laghonat (32° N) alle Shetland (60° N).

L'arco russo, lungo 25° , dal Danubio (45° N) all'Oceano Glaciale (70° N).

L'arco indiano, lungo 24° , tra le latitudini settentrionali 8° e 32° .

L'arco americano dell'Atlantico, fra le latitudini settentrionali 32° e 45° circa.

L'arco americano del Pacifico, fra le latitudini settentrionali 30° e 40° circa.

L'arco americano di parallelo fra i due oceani a 38 di latitudine nord.

L'arco indiano che traversa l'Hindoustan alla latitudine di 24° .

Nell'emisfero Sud non vi è che un arco di 7° di latitudine nella colonia del Capo.

La nuova misura dell'arco del Perù, colma quindi una grande lacuna, da tanto tempo lamentata nella Geodesia, e renderà possibile un più completo studio della figura della terra.

In Italia sono d'assai progrediti i lavori per la carta del paese: è terminata la triangolazione di primo ordine: per essa si eseguirono due grandiose operazioni per congiungimenti con Lissa attraverso l'Adriatico e con Malta attraverso il Mediterraneo.

Una spedizione svedese-russa ha misurato un arco di circa 5° allo Spitzberg; i lavori sono ultimati.

Verso il 1861 il generale prussiano Baeyer dimostrò in un opuscolo, che rimarrà celebre nella storia della geodesia, l'utilità o meglio la necessità di un accordo fra i varii Stati del mondo per lo studio di tutte le questioni relative alla grandezza e forma della Terra. La sua autorevole voce non suonò invano, e dal terreno preparato nacque l'*Associazione per la misura del grado in Europa*, che ora chiamasi *Associazione geodetica internazionale*, della quale Baeyer fu fino alla sua morte (1885) una delle più salde colonne.

Mercè il progresso della fisica ed il conseguente perfezionamento degli strumenti e dei meccanismi, teodoliti, microscopi, elioscopi, apparati per la

misura delle basi, cronometri, cronografi, mareografi, telegrafi elettrici e l'invenzione, per opera di Legendre e di Gauss, del metodo dei minimi quadrati pel computo e la compensazione delle osservazioni, le operazioni geodetiche hanno oggidì raggiunto un notevolissimo grado di rigore e di esattezza. Le quistioni più delicate possono ora venire discusse, con speranza di soluzione non soverchiamente lontana.

Poichè abbiamo menzionato il metodo dei minimi quadrati, diciamo subito che a mezzo di esso furono ricercate, in base all'ipotesi della Terra ellissoidica di rivoluzione, le dimensioni di essa che meglio s'accordassero colle varie misure di archi. Airy, Bessel, Bunsdorff, Bowditch, Brunnnow, Clarke per ben cinque volte, Encke, Faye, Fergola, Fisher, James, Laplace, Listing, Paucker, Pratt, Puissant, Schmidt, Schubert, calcolarono a quel modo i semi-assi e lo schiacciamento dell'ellissoide terrestre.

I lavori teorici di Jacobi, avendo nel 1834 fatto conoscere che fra le forme che può prendere una massa fluida omogenea, ruotante con una velocità compresa fra certi limiti, vi è pur quella di un'ellissoide a tre assi disuguali; Schubert, nella supposizione che la Terra potesse avere tale figura, ne calcolò, dalle misure esistenti, le dimensioni. L'ipotesi di Jacobi di una Terra, non di rivoluzione nel suo insieme, fu ben tosto abbandonata, quale troppo poco concordante coi fatti constatati, anche da Ritter e Clarke che pur l'avevano adottata.

I risultati dei calcoli dei sopra nominati geodeti non sono naturalmente identici, e ciò per essere stati istituiti su dati ognora più numerosi e precisi: quelli ora generalmente usati furono dati da Bessel nel 1841 e da Clarke nel 1880.

Nel 1891 l'americano Harkness pubblicò un grande lavoro sulle costanti astronomiche, nel quale dà pure le dimensioni dell'ellissoide terrestre.

VIII.

Giunti ora ai lavori dei moderni, ne occorre dichiarare qual cosa essi intendano per figura matematica della Terra. Già dicemmo come sia necessario il trascurare le irregolarità sue esterne per poter assurgere al concetto geometrico di una superficie rappresentabile con simboli matematici.

Bessel, valendosi di taluni concetti di Clairaut e di Gauss, formulò quella definizione; prima di riportarla qui occorrono alcune premesse.

Non trovando, per la natura delle cose, modo di valersi della geometria per rappresentare matematicamente la figura della Terra, si ricorse alla meccanica dei fluidi, a ciò indotti dall'essere la Terra in gran parte coperta da liquido e dalle idee cosmogoniche che assegnano ad essa una condizione originalmente fluida. Dalla meccanica si prese ad prestito la definizione della *superficie di livello* di un liquido, e la si applicò al mare, che per occupare tanta parte dello strato

esterno del globo terrestre, si assunse come atto a rappresentare in date circostanze il tutto.

Dall'idrostatica si sa che la *superficie di livello* esterna, è quella che racchiude un liquido in equilibrio sotto l'azione di date forze, la cui risultante è in ogni punto poi normale ad essa.

Sul mare agiscono molte forze. Le attrazioni delle parti di tutta la massa terrestre; quelle dei corpi celesti: forza centrifuga proveniente dal moto di rotazione della Terra intorno al proprio asse; poi l'azione dell'atmosfera, statica e dinamica (pressione, venti). Sulla massa d'acqua marina agisce poi il Sole come fattore termico, cagionando coll'evaporazione moti e correnti e variazioni di salsedine, generanti a loro volta altre correnti. Perturbano poi in vario modo la stabilità del mare i movimenti del suo fondo e delle sue coste, i terremoti, le eruzioni dei vulcani sottomarini, i depositi organici e minerali che pei molluschi e pei fiumi vi si producono, per tacere di quelli, a petto degli altri trascurabili, che avvengono pel fatto dell'uomo.

Tutte queste forze sono in vario modo mutabili nel tempo, quindi sotto la loro azione la superficie esterna del mare varierà col tempo, e non potrà mai assumere forma determinata e stabile. Lo stato del moto continuo del mare è prova palpabile di ciò. Pure, siccome si è di una superficie fissa e determinata che si ha d'uopo in geodesia, così si esaminò se non fosse possibile l'ottenerne una che non troppo si discostasse dal vero, scartando talune di quelle forze, come

molto piccole rispetto alle altre, e tenere conto solo delle preponderanti, per poi studiare colla teoria e coll'osservazione le perturbazioni che in quella producono le forze da prima messe in disparte.

Si suppose nulla l'azione di tutti i corpi celesti; così si trascurarono le maree non solo, ma anche quelle deformazioni che le masse da esse spostate producono, alterando nel muoversi le vicendevoli attrazioni delle parti della massa terrestre; si lasciarono poi anche da banda le azioni dell'atmosfera e quella termica del Sole. Con ciò le forze operanti sulle particelle della massa terrestre vengono ridotte a due: la mutua attrazione delle sue parti e la così detta forza centrifuga generata dal moto di rotazione terrestre.

La risultante di queste due forze è quella che deve chiamarsi la *gravità teorica*, di essa l'esperienza non potrà mai fornirci alcun valore. Essa per contro ci darà i valori di quella che compatibilmente coll'esattezza dei nostri istrumenti deve chiamarsi *gravità reale*, e che si verifica in natura, e che per essere essenzialmente misurata col pendolo può chiamarsi anche *pendolare*. Questa dipende da tutte le forze operanti sulla Terra, ed è quindi con esse variabile nel tempo d'intensità e direzione: però queste variazioni nel tempo sono piccolissime, e non determinabili, almeno per l'intensità, oggigiorno coll'esperienza.

Circa le variazioni della direzione della gravità se ne hanno prove nelle constatate oscilla-

zioni di livelli a bolla d'aria posti in condizioni opportune. Su questo argomento non vanno passate sotto silenzio le ricerche col pendolo orizzontale di Hengler e di von Rebeur-Paschwitz, e quelle di Pfaff con una specie di bilancia a molle; così si debbono menzionare gli apparecchi immaginati e gli esperimenti istituiti per lo studio delle variazioni della gravità da Perrot, Zöllner, Gruithuisen, Mascart, Bohnenberger, G. H. Darwin.

Le variazioni delle latitudini di alcuni luoghi, da molto tempo sospettate, possono servire a determinare le variazioni della direzione della gravità col tempo; per esse rimandiamo al nostro scritto stampato nel volume della Rivista di Topografia e Catasto e riprodotto nel presente volume.

Tenendo presente quanto precede, si avverta che di quantità minime differisce in direzione ed intensità la *gravità teorica* dalla *reale*, e che in pratica si ritengono come coincidenti, riserbando a più minute ricerche lo studio del loro divario.

Per un dato istante e luogo la gravità reale ha per direzione il filo a piombo (sottratto a qualsiasi movimento) o quella dei gravi cadenti nel vuoto e per tempo brevissimo.

Si immagini ora che attraverso ai continenti esista una fitta rete di canali strettissimi comunicanti fra loro e col mare, la superficie libera dell'acqua ferma nel mare ed in questi canali è quella che si chiama *figura matematica* (da taluni *figura o forma fisica*) della Terra, dicendosi *forma vera* quella che la natura ci presenta. Questa

definizione fu, seguendo alcune idee di Gauss, data per la prima volta da Bessel nel 1838. Listing nel 1872 denominò *geoide* la figura matematica della Terra così definita.

Se la Terra fosse omogenea ed interamente fluida, la sua figura matematica sarebbe, secondo quanto insegnò Newton, un'ellissoide di rivoluzione schiacciata ai poli. La Terra invece è eterogenea, in parte liquida all'esterno; nulla di certo sappiamo circa il suo interno; in queste condizioni la sua figura matematica non è un ellissoide. Si sa però, che questa figura matematica o *geoide*, di non troppo si scosta da un'ellissoide schiacciata ai poli.

Come si vede facilmente, il *geoide* non è che una delle *superficie di livello della gravità teorica*. Di queste, quelle che passano per punti situati così da essere accessibili all'uomo, si dicono *superficie geoidiche*; BRUNS, HELMERT, PRATT ne hanno studiate le principali proprietà. Queste sono le seguenti: *Nelle vicinanze della superficie naturale terrestre, le superficie di livello della gravità teorica sono chiuse, continue (completamente libere da spigoli e cuspidi), abbracciantisi l'una l'altra a guisa di gusci, e nella loro forma poco differenti da un'ellissoide schiacciata ai poli. La distanza di due superficie di livello non è costante, ma camminando sopra una di esse, varia in ragione inversa della gravità.*

La possibilità di tracciare i canali dei quali si è parlato nella definizione del *geoide* è una conseguenza immediata di queste proprietà.

Segue anche che due superficie geoidiche consecutive e vicinissime non si tagliano e non sono parallele.

La definizione stessa del geoide, affermando che questa superficie è una pura astrazione, ne avverte che noi non potremo mai giungere coll'osservazione diretta alla sua determinazione effettiva. Pur tuttavia occorrendo averne qualche idea si pensò di raggiungere tale scopo per mezzo di approssimazioni.

Avendo valide ragioni teoriche (Newton, Clairaut, Huygens, Laplace) per ritenere che sotto certe ipotesi, non incompatibili, nè di soverchio discoste dalle reali condizioni, il geoide, come si disse, di poco si scosta da un'ellissoide, per cominciare, si adottò questa come figura matematica della Terra.

L'alta geodesia insegna come a mezzo di misure d'archi di meridiano e di parallelo si ottengano le dimensioni di quella ellissoide.

Nel 1738 Clairaut dimostrò il seguente capitale teorema.

Lo schiacciamento terrestre, più l'accrescimento della gravità dall'equatore al polo, diviso per la gravità dell'equatore, è uguale a $\frac{5}{2}$ del quoziente che si ottiene dividendo la forza centrifuga all'equatore per la gravità all'equatore (1).

(1) OTTAVIO ZANOTTI BIANCO: *Dimostrazione elementare del Teorema di Clairaut*. — *Rivista di Topografia e catasto*, Vol. XIII, 1901.

Le misure pendolari della gravità introdotte nella formola che simbolizza il precedente enunciato ci permettono di avere lo schiacciamento; e quindi la *sola forma*, non la grandezza, dell'ellissoide terrestre. In Italia vennero istituite molte misure di gravità, relativa, a mezzo dell'apparecchio Sterneck. In Roma ed a Padova, Pucci e Pisati, e poi Reina e Lorenzoni eseguirono misure assolute. S'occupano di queste misure gli Ingegneri dell'Istituto Geografico militare; il professore Riccò, il prof. Venturi, in Sicilia; il dott. Aimonetti nell'Italia Settentrionale.

Certi fenomeni astronomici (moto della luna e la precessione degli equinozii) ci permettono di avere altri valori dello schiacciamento. I valori dello schiacciamento ottenuti coi diversi metodi differiscono fra loro d'alcun poco, ma non è qui luogo a discutere di ciò.

In fine di questo scritto daremo una tavola delle costanti dell'ellissoide terrestre.

In ogni punto della Terra la normale all'ellissoide è diversa dalla normale al geoide, la quale a sua volta, come fu avvertito, non coincide colla direzione della gravità reale. In un determinato punto terrestre si hanno quindi la *normale o verticale ellissoidica o geodetica* (quella che entra in tutte le considerazioni di geodesia teoretica), la *normale geoidica* e la *normale o verticale fisica od astronomica*.

Da computi teorici si ricava il diritto di conchiudere che la *verticale geoidica* differisce di quantità piccolissime da quella *fisica*, e quindi

per una prima e vicinissima approssimazione, si possono riguardare come coincidenti; salvo a ricercarne poi la reciproca posizione, come già si disse per le direzioni della gravità teorica e reale, che altro non sono se non la verticale geoidica e la fisica.

Ora la verticale *fisica* vien detta anche *astronomica*, perchè è quella che serve a determinare astronomicamente la latitudine e la longitudine del luogo d'osservazione e viceversa; quando di un luogo son date la latitudine e la longitudine, è data la posizione della verticale fisica di esso. La verticale fisica in astronomia e geodesia è data, quasi diremo materialmente ma indirettamente, dai livelli e dagli orizzonti artificiali.

Dalla geodesia s'impara poi a calcolare le coordinate geografiche stesse, latitudine e longitudine, ossia la posizione della *verticale ellissoidica o geodetica* per un determinato luogo, partendo da un altro individuato in posizione quando siano misurati certi elementi di collegamento fra essi (linea geodetica ed azimut), ed ove si suppongano i due luoghi situati, o ridotti con correzioni ad esserlo sull'ellissoide scelta come prima approssimata rappresentazione della figura matematica terrestre. Quella superficie ellissoidica sulla quale si suppongono situati o ridotti i punti della Terra, dicesi *ellissoide o sferoide di riferimento*. Le dimensioni di essa ora più usate sono quelle di Bessel e Clarke.

Circa l'ellissoide di riferimento è d'uopo fare un'avvertenza. Nelle riduzioni di angoli misurati

a grandi altezze, delle basi, nel computo delle triangolazioni geodetiche, e nel computo delle lunghezze d'archi occorre usare le dimensioni dell'ellissoide di riferimento. Quegli archi a loro volta, combinati fra loro col metodo dei minimi quadrati, servono a calcolare di bel nuovo e meglio e più da vicino le dimensioni di una nuova ellissoide di riferimento più esatta e conforme alle misure utilizzate nel calcolo. Le ellissoidi di Bessel e di Clarke soddisfano ora molto bene alle esigenze della scienza, e sarebbe inutilissima opera il calcolare, ad ogni misura che si va compiendo, nuove dimensioni terrestri: almeno finchè non siano eseguite (il che oggidì non è che un desiderio) grandi misure geodetiche nell'emisfero meridionale.

La latitudine o longitude determinate direttamente con osservazioni astronomiche corrispondenti alla verticale fisica si dicono *astronomiche*, od anche (nell'ipotesi assai prossima al vero della coincidenza della verticale *geoidica* colla *fisica*) *geoidiche*.

La latitudine e longitude dedotte geodeticamente con un determinato sferoide di riferimento, e corrispondenti alla normale geodetica ad esso relativa, si dicono *geodetiche*, *sferoidiche* od *ellissoidiche*.

Le differenze fra la latitudine e la longitude astronomiche e quelle geodetiche, si dicono rispettivamente *deviazione della verticale* (o *del filo a piombo*) in *longitude* e *latitudine*. Meno propriamente quelle differenze vengono talvolta de-

nominate *attrazioni locali*, partendo dal concetto, che quel distacco delle due verticali sia prodotto da anomalie locali nella distribuzione della massa.

Come si vede da quanto precede, le deviazioni della verticale dipendono e dagli elementi dell'ellissoide di riferimento e dal partire da un punto determinato geodeticamente ovvero astronomicamente per calcolare le posizioni degli altri punti. Quelle deviazioni varieranno dunque, sebbene di poco, e coi detti elementi e colla posizione del punto di partenza. Si è perciò che nel dare per un luogo terrestre la deviazione della verticale, si indica sempre il luogo dal quale si mosse per calcolarne geodeticamente la posizione, nonchè il modo (astronomico o geodetico), con cui se ne ottenne l'ubicazione, e per ultimo l'ellissoide di riferimento adottato. Un lavoro d'insieme non è finora stato fatto, nè sarà possibile il farlo forse per qualche tempo ancora. Si hanno lavori importanti per talune regioni alpine, e per un buon tratto dell'arco europeo del parallelo di 52 gradi di latitudine Nord.

Le deviazioni della verticale provenienti dalle masse sporgenti sul mare (monti, altipiani, colli) e dalla varia ed eterogenea costituzione interna della Terra, servono a farci conoscere le ondulazioni del geoide sopra un dato sferoide ed a darci qualche idea sulla conformazione fisica degli strati terrestri più interni.

A calcolare i distacchi del geoide da un dato ellissoide serve un teorema scoperto da Pratt

nel 1859, e poi indipendentemente dimostrato da Bruns nel 1878 (1).

A tutto rigore le deviazioni della verticale, intese come si disse, sono mutabili nel tempo, giacchè, lo avvertimmo più sopra, variabile col tempo è la verticale fisica dalla cui posizione dipendono. Le ricerche che si stanno ora istituendo sulle variazioni della verticale, fatte note dalle variazioni della latitudine, ci diranno un giorno se, come e di quanto mutino col tempo le deviazioni della verticale rispetto ad una data ellissoide di riferimento, conformemente a quanto già scrivemmo per le variazioni della direzione della gravità.

Riportiamo qui le conclusioni più sicure date da Helmert, senza contestazione il primo fra i geodeti viventi, sulla deviazione della verticale.

1. Anche nelle regioni piane d'Europa e di America si constatano frequentemente deviazioni locali della verticale.

2. Non solamente nelle catene di montagne e lungo le coste marittime si avvertono deviazioni sistematiche della verticale, ma anche in pianura si presentano deviazioni regionali della verticale. Una di esse si verifica in Germania fra il 51° ed il 53° parallelo.

3. È notevole che Monaco al Nord delle

(1) Vedi OTTAVIO ZANOTTI BIANCO: *Per la storia della teoria delle superficie geoidiche* (*Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino*, 1896).

Alpi e Nizza e Genova (1) a Sud di esse presentano deviazioni della verticale inferiori in valore a quelle che si sarebbe potuto prevedere badando alla configurazione esterna della Terra. Queste anomalie, al pari di quelle più sopra indicate, accennano ad estese anomalie sotterranee negli strati della crosta terrestre.

4. Una analoga anomalia sembra indicata dalla circostanza che Pisa e Firenze presentano una deviazione della verticale di senso opposto a quello voluto dall'attrazione degli Appennini (2).

5. L'andamento delle deviazioni della verticale in latitudine da Monaco a Nizza sembra giustificare l'opinione che l'irregolarità sotterranea della massa terrestre debba essere cercata sul continente e non al fondo del mare; tuttavia alla soluzione completa della questione sono indispensabili dei calcoli d'attrazione.

6. Estese irregolarità sotterranee sono d'altronde indicate dalla deviazione della verticale in longitudine nelle regioni piane del centro e dell'Ovest d'Europa, al pari di quelle constatate nei pressi dei grandi laghi americani.

Si hanno curiose anomalie, nell'India, ove la

(1) Una deviazione della verticale fra Milano e Genova fu particolarmente studiata dall'Ing. Celoria, valorosissimo astronomo e geodeta.

(2) L'autore del presente scritto si è occupato, seguendo Helmert, delle deviazioni della verticale in Italia in un articolo stampato nell'*Annuario Meteorologico Italiano* pel 1890,

regione montuosa dell'Himalaja non produce per causa ignota l'effetto che si potrebbe credere; in Russia presso Mosca, studiate da Schweizer e Santini, come quelle dell'India lo furono da Airy e Pratt. Un importantissimo studio sulle misure dell'India fu pubblicato nel 1901 dal maggiore S. C. Burrad, ove l'attrazione dell'Himalaja è discussa con molta sagacità e dottrina.

Dimensioni della Terra.

Si ammette che la figura matematica della Terra sia quella di una ellissoide schiacciata ai poli. Questa superficie si può pensare generata nel modo seguente. Si supponga che una di quelle curve a tutti note col nome di ellisse, tanto adoperate nei giardini, sia disposta colla sua dimensione maggiore orizzontale, la sua dimensione minore sarà verticale.

Si dicono asse maggiore e minore dell'ellisse, le due rette che si tagliano nel centro di essa, e che corrispondono alle sue dimensioni massima e minima. Facciamo ruotare questa ellissoide attorno al suo asse minore, la superficie generata in quel movimento sarà quella di una ellissoide di rivoluzione perfettamente analoga a quella che si suppone abbia la Terra. Lo schiacciamento è la differenza fra il semi-asse maggiore ed il semi-asse minore, divisa per il semi-asse maggiore.

Dimensioni della Terra secondo Bessel (1841).

Semiasse magg. $a = 6377397,15$ m. log. 6,80464 346
 Semiasse min. $b = 6356078,96$ „ „ 6,80318 928
 Schiacc. $p = \frac{1}{299,1528} = 0,0033427731$ „ 7,52410 690 — 10
 Eccentric. $e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} = 0,08169683$ „ 8,91220 521 — 10
 Lunghezza del quarto del meridiano 10000855,76 metri;
 logaritmo 7,00003716.
 Raggio di una sfera di eguale volume della Terra

$$R = \sqrt[3]{a^2 b} = 6370283,2 \text{ metri.}$$

Superficie della Terra in chilometri quadrati 509 950 714
 Volume della Terra in chilom. cubici 1 082 841 320 000.

Con queste dimensioni la decimillesimesima parte del quarto del meridiano sarebbe di metri 1,000085576, cioè sarebbe più lunga del metro internazionale di millimetri 0,086, in cifre tonde — vedi pagina 51.

Lunghezza di gradi di latitudine in chilometri.

Latitudine 0°, equatore 110,5638, cioè arco di meridiano fra 0° ed 1°.
 Latitudine 45°, 111,1292, cioè arco di meridiano fra 45° e 46°.
 Latitudine 86°, 111,6757, cioè arco di meridiano fra 86° e 87°.
 Latitudine 89°, 111,6798, cioè arco di meridiano fra 89° ed il polo.

Lunghezze di gradi di longitudine ossia di archi di parallelo dell'ampiezza di un grado a varie latitudini.

Equatore	chilometri	111,3066
Latitudine 45°	„	78,8373
Latitudine 86°	„	7,7903
Latitudine 89°	„	1,9491
Polo	„	0,0000.

Dimensioni della Terra secondo Clarke (1880).

Le riportiamo qui dall'*Annuaire du Bureau des Longitudes* per il 1902.

Semiasse magg., ovvero raggio dell'equatore m. 6 378 253.
Semiasse minore ovvero distanza dei poli dal centro
metri 6 356 321.


Schiacciamento $\frac{1}{293,5}$

Lunghezza del quarto di meridiano metri 10 001 877.

Con tale lunghezza la decimillesionesima parte del quarto del meridiano è di metri 1,0001877, cioè sarebbe più lunga del metro internazionale di millimetri 0,1877, vedi pagina 51.

L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* dà anche dimensioni terrestri calcolate da Faye, ma queste non sono quasi mai usate nei calcoli geodetici. A codesta pregevolissima pubblicazione, si può ricorrere quando occorra aver dati relativi alla gravità ed all'attrazione terrestre. Questi dati si trovano anche nelle tavole trigonometriche di Albrecht, e nel libro delle costanti fisiche di Everett.

•••••



LA VARIAZIONE DELLE LATITUDINI

*Omnia incerta ratione et in naturæ
majestate abdita (PLINIO).*

I.

La latitudine astronomica o geografica di un luogo terrestre è l'angolo che la verticale fisica di esso luogo fa colla sua proiezione sul piano dell'equatore; ovvero, il che torna lo stesso, la elevazione angolare del polo celeste sul piano dell'orizzonte.

Tralasciamo, perchè non ci occorrerà di servircene in seguito, le definizioni di latitudine geodetica, geocentrica e ridotta, concetti puramente geometrici tanto utili nella geodesia teoretica.

Per orizzonte fisico intendesi il piano tangente alla superficie delle acque immobili, nel punto in cui si fa l'osservazione; punto nel quale la verticale fisica è, nell'istante dell'osservazione, normale a quella superficie. Questa normale alla superficie delle acque immobili, o verticale fisica è, nell'istante dell'osservazione, materialmente

rappresentata dalla direzione del filo a piombo, perfettamente immobile. La superficie stessa delle acque immobili è, con mezzo acconcio alle osservazioni, fornita dagli orizzonti artificiali e dai livelli a bolla d'aria degli strumenti astronomici e geodetici che servono a misurare la latitudine, e che indirettamente quindi ne porgono anche l'orizzonte fisico, quale fu definito.

Poli celesti sono i punti d'incontro dell'asse terrestre (asse d'istantanea rotazione della Terra) colla sfera celeste. L'asse terrestre passa per il centro di gravità della Terra. I poli celesti per la loro definizione stessa sono infinitamente lontani; per essi passano pertanto tutte le rette parallele in un dato istante all'asse terrestre. Da questa definizione si deduce la conseguenza, che i poli celesti non cambiano finchè non cambia nello spazio la direzione dell'asse terrestre.

I poli terrestri sono i punti della superficie terrestre nei quali questa è incontrata dall'asse terrestre. Questi poli pertanto si mantengono invariati finchè l'asse terrestre non cambia nell'interno della Terra, comunque d'altronde esso possa variare di direzione nello spazio. In altre parole più esattamente: i poli terrestri non mutano finchè nessun movimento della Terra attorno al suo centro di gravità non viene ad allontanare dall'asse di istantanea rotazione (che si suppone fisso nello spazio in direzione e passante pel centro di gravità della Terra) i punti della sua superficie (poli terrestri) che vi stanno sopra, ed a portarvene dei nuovi.

Se per un moto qualunque della Terra, attorno al suo centro di gravità, essa si sposta per rispetto all'asse terrestre (supposto fisso in direzione nello spazio e passante pel centro di gravità), i poli terrestri mutano; mutano le latitudini, giacchè l'orizzonte fisico di ogni punto viene spostato, assieme al luogo cui appartiene rispetto all'asse terrestre e quindi al polo celeste. Mutando i poli terrestri e mantenendosi invariato il centro di gravità, l'asse terrestre passa dall'uno all'altro degli infiniti diametri terrestri: vale a dire la Terra nell'accennato suo moto viene a far coincidere coll'asse terrestre (fisso in direzione nello spazio e passante sempre per il centro di gravità) i suoi diversi diametri. Si è in questo senso che, a dir vero, poco rigorosamente è invalso l'uso di parlare del moto dell'asse d'istantanea rotazione nell'interno della Terra.

Il solo mezzo che noi possediamo di misurare la latitudine di un luogo si è quello di misurare in un dato istante l'altezza del polo celeste sull'orizzonte, ovvero, in linguaggio astronomico, *la declinazione dello zenit*, e l'astronomia ce ne insegna i varii metodi.

La latitudine non muterà finchè non muteranno di posizione l'uno rispetto all'altro il polo celeste e l'orizzonte fisico.

Il polo celeste non cambia rispetto all'orizzonte, supposto fisso: i moti che esso polo possiede nello spazio (precessione e nutazione) sono comuni a tutta la Terra, e quindi direttamente non apportano alterazione nelle latitudini. Indi-

rettamente però l'azione lunisolare altera le latitudini.

La teoria dimostra infatti che, data la forma ellissoidica della Terra, o più esattamente l'ineguaglianza dei momenti principali d'inerzia, la risultante dell'attrazione reciproca della Terra e di un astro (sole, luna, pianeta) non passa pel centro di gravità della Terra. Ciò, oltre al produrre la precessione e la nutazione, genera anche un movimento della Terra rispetto al proprio asse, e quindi uno spostamento dell'orizzonte rispetto al polo celeste ed un cambiamento nelle latitudini. La parte che nell'espressione di queste mutazioni ha periodo diurno o quasi è così piccola da non essere avvertibile coll'osservazione, rimane l'altra che viene a confondersi colle variazioni di latitudine prodotte dai movimenti dell'orizzonte rispetto al polo celeste. Si trova d'altronde che il polo descrive in virtù di quelle azioni sulla superficie della Terra un piccolo cerchio, il cui raggio non è sempre rigorosamente lo stesso, ma non può sorpassare *sessanta centimetri*; ciò è insensibile, e non bisogna pretendere che le osservazioni mettano in evidenza una quantità così piccola; si può dunque lasciarla completamente in disparte.

Nei moti di precessione e nutazione la Terra si comporta come un corpo rigido, od almeno assai prossimamente tale.

La direzione dell'asse terrestre nello spazio è data, come si disse, dalla posizione del polo celeste, di quel punto cioè della sfera celeste, che

nel moto apparente di questa rimane immobile. Questo punto giace ora presso la stella polare, a *Ursæ minoris*, dalla quale dista attualmente circa $1^{\circ}15'$: esso non fu sempre nel suo posto attuale, nè per sempre vi rimarrà. Il polo celeste si sposta lentamente rispetto alle stelle fisse, fatto questo che nei suoi tratti generali era già noto ai tempi d'Ipparco. Questo fenomeno si denomina precessione degli equinozii, perchè gli equinozii camminando sopra l'eclittica in senso contrario a quello del Sole, gli vanno incontro, e si verificano quindi prima di quello che avverrebbe se stessero fermi. Si è in dipendenza di ciò che i segni dello zodiaco, si sono pure spostati dal tempo lontano, in cui furono immaginati, e non corrispondono più oggidì alle costellazioni delle quali portano il nome. Da quei tempi antichissimi i segni dello zodiaco camminando a ritroso del Sole, sono andati retrogradando sull'eclittica, ed oggi si ha la seguente corrispondenza fra i segni dello zodiaco e le costellazioni zodiacali.

<i>che oggi si trovano nelle</i>			
<i>Segni dello zodiaco</i>	Acquario	in	Capricorno,
	Pesci	"	Acquario,
	Ariete	"	Pesci,
	Toro	"	Ariete,
	Gemelli	"	Toro,
	Cancro	"	Gemelli,
	Leone	"	Cancro,
	Vergine	"	Leone,
	Libra	"	Vergine,
	Scorpione	"	Libra,
	Sagittario	"	Scorpione,
Capricorno	"	Sagittario.	
<i>Costellazioni.</i>			

L'equinozio di primavera si trova ora nella costellazione dei *Pesci*; al tempo della formazione dei primi cataloghi stellari si trovava nella costellazione dell'Ariete.

La precessione degli equinozii produce un movimento della linea che li congiunge; la quale non è altro se non l'intersezione del piano dell'equatore con quello dell'eclittica, con ciò si viene a spostare anche l'equatore e l'asse terrestre, ad esso perpendicolare. Poichè l'obliquità dell'eclittica non può variare che entro certi limiti, entro gli stessi varierà pure l'angolo che l'asse polare dell'equatore fa coll'asse polare dell'eclittica. Entro quei limiti pertanto il detto angolo potrà considerarsi come costante con un certo valore medio. Questo potrà riguardarsi come l'apertura del cono circolare che l'asse dell'equatore descrive attorno all'asse dell'eclittica, in virtù del moto di precessione. Il polo celeste descriverà quindi sulla sfera celeste una curva attorno al polo dell'eclittica, punto della costellazione del Dragone, mantenendosi da esso ad una distanza angolare di circa $23^{\circ} \frac{1}{2}$. Noi sappiamo ora che quella curva è percorsa in un lungo periodo di 25.000 anni, che vien detto l'anno platonico. In questo movimento il polo celeste verrà accostandosi od allontanandosi da varie stelle, e così anche da quella che per essergli più vicina oggi si chiama stella polare. La nostra odierna stella polare, la maggiore della costellazione dell'Orsa minore, non meritava tal nome nell'antichità classica, trovandosi circa a

12° di distanza dal polo celeste, il quale ad essa si accosterà fino all'anno 2000 del nostro computo del tempo, per cominciare dopo ad allontanarsene. Fra 12.000 anni potrà servire come stella polare la stella *Vega* della costellazione della *Lira*, che nei tempi nostri brilla nelle notti d'estate sulla parte più alta del cielo meridionale.

In conseguenza di questo movimento del polo divengono, o cessano di essere visibili alle nostre latitudini delle costellazioni che non lo erano oppure lo erano prima. Così fra migliaia d'anni tornerà ad essere fra noi visibile quella *Croce del Sud*, della quale Dante scrisse:

Io mi volsi a man destra, e posi mente
All'altro polo, e vidi quattro stelle
Non viste mai fuor ch'alla prima gente.

(*Purgatorio*, Canto I).

Sulla visibilità fra noi di questa costellazione, Paolo Balada di Saint-Robert, fortissimo e sottile ingegno, scrisse una dotta memoria.

Gli antichi ritenevano questo fenomeno della precessione come un vero movimento del firmamento stellato intorno ai poli dell'eclittica. Copernico distrusse anche questa illusione, dimostrando come l'asse del mondo cambi di direzione nello spazio; e Newton chiarì colla legge della gravitazione universale la causa di questi cambiamenti.

La precessione è una conseguenza dell'attrazione del più grosso e del più vicino fra i corpi del nostro sistema solare — il sole e la luna

— sulla terra, schiacciata ai poli e rigonfia all'equatore, in unione alla posizione obliqua dell'asse terrestre rispetto all'eclittica. L'attrazione esercitata sul rigonfiamento equatoriale, tende continuamente a condurre l'asse ad essere normale all'eclittica, e ciò ha per conseguenza quel moto circolare, come può osservarsi, in piccolo, in ogni trottole.

Un altro movimento possiede l'asse terrestre nello spazio, ed è quello di nutazione, scoperto da Bradley alla metà del secolo decimottavo, e che si compie in un periodo di 19 anni, una rivoluzione dei nodi della luna.

In questi due grandi movimenti, la Terra intiera è trascinata dal suo asse ideale, ed intorno ai cambiamenti che essi inducono nelle latitudini già discorremmo brevemente.

Veniamo ora ad esaminare come l'orizzonte fisico, l'altro degli elementi che determinano la latitudine, possa spostarsi rispetto al polo celeste.

II.

L'immobilità dell'orizzonte fisico presuppone l'invariabilità del luogo cui appartiene. La geologia insegna che nessun luogo del globo è perfettamente immobile, ma che per moti lentissimi, dovuti a varie cause geologiche, ogni porzione della crosta terrestre va oscillando. Ciò astraendo da quei moti violenti (terremoti, frane, lavine, eruzioni) dei quali l'uomo fa spesso dolorosa esperienza.

Questi movimenti della crosta terrestre, non che gli spostamenti di massa che avvengono sia alla superficie che nell'interno di essa, producono, colla varia combinazione delle attrazioni, dei cambiamenti nella direzione della normale alla superficie delle acque immobili (superficie di livello della gravità) e quindi nella posizione dell'orizzonte fisico. Le latitudini ne restano quindi localmente e tenuemente alterate. Avvertasi che quei movimenti di massa hanno pure per effetto di produrre un moto della Terra attorno al suo centro di gravità. In virtù di esso vengono a cambiare i punti della superficie terrestre che stanno sull'asse terrestre (supposto fisso in direzione nello spazio e trascinante con sé la terra rigidamente connessa) o poli terrestri. Gli spostamenti di massa o geofisici influiscono pertanto in quel doppio modo sulle latitudini: il secondo di essi, più generale, è comune a tutti i punti della Terra, e le loro latitudini se ne devono tutte in vario modo risentire.

In virtù del moto della Terra prodotto da cause geofisiche, e che va portando sull'asse terrestre successivamente punti diversi della superficie, che a lor volta diventano l'uno dopo l'altro poli terrestri; il polo terrestre descrive sulla Terra un certo cammino, e l'asse terrestre *sembra* descrivere nell'interno della Terra un certo cono, avente il vertice nel centro di gravità della Terra stessa: in realtà l'asse rimane fisso (salvo la precessione e nutazione) e la Terra si muove rispetto ad esso. Così viene a mutare, rispetto

al polo celeste, la posizione dell'orizzonte fisico, e noi che nelle misure di latitudine misuriamo appunto la relativa posizione di quei due dati, ne constatiamo nelle variazioni di latitudine gli spostamenti.

L'orizzonte fisico di un dato luogo, pur supposto immobile, può mutare anche per causa diversa da quella considerata pur dianzi. La superficie delle acque immobili che quell'orizzonte determina, dipende non solo dalla varia distribuzione della massa terrestre e delle sue parti, ma altresì dalla velocità di rotazione della Terra tutta. Ogni variazione in questa si ripercuote in quella modificandola. Ora quella velocità di rotazione può venire alterata da un non impossibile mezzo resistente interplanetare, dalla contrazione dovuta al raffreddamento, da urti di masse esterne (stelle cadenti, bolidi, code di comete) e finalmente dagli attriti delle maree superficiali ed interne. Non è qui luogo all'esame dell'efficacia di ciascuna di queste cause. Ne basti avvertire come oggidì si ammetta che se la velocità di rotazione della Terra sopra sè stessa cambia, ciò avviene in modo estremamente lento ed in ragione oltremodo debole: e riteniamoci autorizzati a trascurare la porzione di spostamento dell'orizzonte fisico a quella causa dovuta, come insignificante apetto delle altre. Vale a dire, per essere esatti, rammentiamoci che anche quel fenomeno è efficiente, ma in modo impercettibile, ed ora e forse sempre, sfuggente ad una cernita nelle osservazioni.

III.

Per verificare se le considerazioni teoriche precedenti abbiano loro conferma in natura, per verificare cioè se la latitudine di un luogo varia e come col tempo, è d'uopo paragonare fra di loro determinazioni di essa fatte ad intervalli di tempo abbastanza lunghi. Per constatare poi se tale variazione sia generale, convien poter istituire il detto paragone per molti luoghi della Terra. Per poter ciò fare occorre anzitutto che le latitudini di un medesimo luogo, corrispondenti alle varie epoche, siano fra loro sotto ogni riguardo paragonabili; e così esattamente determinate che gli errori d'osservazione in esse ognora, inevitabilmente, presenti e quelli delle costanti che entrano nei calcoli, non mascherino la supposta e cercata variazione.

La storia dell'astronomia mostra che ciò non si verifica; vale a dire che non sono fra loro paragonabili le latitudini determinate oggi e quelle che lo furono anche solo cinque o sei decine d'anni fa. E ciò nè per istrumenti, nè per metodi e valori di costanti adoperate. Quindi non reggono le conclusioni dedotte da tali confronti: e tanto meno quando si ponga mente al fatto che profonde elucubrazioni teoriche portano ad ammettere che piccole assai siano le variazioni lente (secolari) della latitudine. Per di più essendosi oggidì posto fuori di dubbio che le

latitudini subiscono variazioni di periodi assai complicati, per poter paragonare fra loro latitudini determinate in uno stesso luogo, *caeteris paribus*, conviene saperle liberare e dalle variazioni locali, e dall'influenza di quelle variazioni periodiche. Cosa quest'ultima che, mercè i lavori dell'americano Chandler, si sa fare oggi con una certa approssimazione, tutt'altro, come è naturale, che definitiva.

Rigettando pertanto le osservazioni antiche come non utili allo scopo della determinazione della variazione delle latitudini, nel Congresso geodetico che si tenne in Roma dal 15 al 24 ottobre 1883, nella seconda seduta, il prof. Emanuele Fergola, attuale direttore dell'Osservatorio di Capodimonte in Napoli, faceva la seguente proposta:

“ I poli dell'asse di rotazione della Terra possono essi venir riguardati come sensibilmente fissi alla superficie del nostro pianeta, oppure sono soggetti per cause geologiche diverse a dei movimenti piccolissimi apprezzabili tuttavia coi nostri strumenti più precisi, coi metodi d'osservazione esattissimi dell'astronomia moderna ?

“ Una soluzione di questa questione nei limiti di precisione che al presente comportano le determinazioni di latitudine, potrebbe evidentemente aversi istituendo di cosiffatte determinazioni, in diversi luoghi scelti convenientemente allo scopo indicato, purchè le osservazioni siano fatte con strumenti e metodi uniformi ad epoche abbastanza lontane.

“ Quali che siano i risultati di questi studi, essi avranno in ogni caso importanza per i progressi della scienza; sia che conducano a concludere, secondo l'opinione del maggior numero di scienziati, che i poli dell'asse di rotazione devono essere riguardati come sensibilmente fissi alla superficie della Terra, sia che dimostrino taluni movimenti debolissimi di questi punti, già sospettati da qualche astronomo in vista dei risultati ottenuti in parecchi Osservatori sui valori delle latitudini.

“ Se si potesse discutere nella conferenza generale dell'Associazione Geodetica un programma d'osservazioni a farsi allo scopo detto, certamente gli astronomi degli Osservatori meglio situati per questa ricerca, saranno per ciò stesso invitati allo studio del problema rammentato „.

Il presidente del Congresso, generale Annibale Ferrero, nominò per l'esame di tale proposta una Commissione così composta: van Bakhuyzen, Christie, Cutts, Schiaparelli e Villarceau; relatore dei lavori della Commissione fu Giovan Virginio Schiaparelli. Dal rapporto dell'insigne uomo togliamo i seguenti particolari sul metodo proposto dal prof. Fergola:

“ Il progetto del sig. Fergola ha per iscopo di eliminare tutte queste numerose incertezze che s'accompagnano alle latitudini assolute, applicando qui lo stesso principio che è stato sì utile nelle osservazioni del pendolo ed in molte altre ricerche, vale a dire riducendo la questione a determinazioni relative, ed alla misura facile ed

esatta di piccole differenze. A tal fine il signor Fergola sceglie parecchie coppie di Osservatori situati, a pochi minuti all'incirca, sul parallelo medesimo, ma molto lontani in longitudine, ad esempio Roma e Chicago, la cui differenza in longitudine è 6^h 40, mentre in latitudine non differiscono che di circa solo 4 minuti d'arco. Se ora noi supponiamo due osservatori con degli strumenti identici, occupati a determinare le due latitudini coll'osservazione simultanea (con intervalli non superiori a qualche ora o qualche giorno) delle stelle medesime, la differenza di queste latitudini sarà evidentemente indipendente dalle declinazioni delle stelle osservate. E se i due strumenti sono due strumenti dei passaggi ben solidi e ben simmetrici, controllati in azimut da mira, impiccati alla maniera di W. Struve, si potranno evitare non solo gli errori di rifrazione e l'effetto delle loro anomalie, ma anche gli errori di divisione dei cerchi, delle viti micrometriche, e di flessione del cannocchiale ed infine anche quelli della flessione dell'asse e le irregolarità dei perni, purchè la loro costruzione permetta non solamente di invertire con facilità e sicurezza il cannocchiale, ma anche d'avvicendare la posizione dei cuscinetti stessi. Osservando un sufficiente numero di stelle vicine allo zenit, si potrà determinare la piccola differenza delle due latitudini con molta precisione, che potrà ancora essere notevolmente accresciuta collo scambio degli osservatori e degli strumenti, non altrimenti di quello che si fa per le longitudini. Di più se i movi-

menti proprii delle stelle impiegate sono conosciuti con sufficiente esattezza, si potrà anche impiegare un solo osservatore per le due stazioni, facendo osservare successivamente nell'una e nell'altra, purchè l'intervallo non ecceda un anno. È certo che con una buona organizzazione del sistema d'osservazione, la differenza delle latitudini potrà ottenersi con una precisione perfettamente paragonabile a quella che si può ottenere nella determinazione della costante dell'aberrazione, con osservazioni dello stesso genere, vale a dire con un'approssimazione di qualche centesimo di secondo. È una precisione forse dieci volte maggiore di quella di una latitudine assoluta. Ripetendo queste osservazioni una seconda volta in capo a 30 o 40 anni, si potranno constatare delle variazioni che richiederebbero per essere riconosciute coi metodi ordinari parecchi secoli (ciò suppone naturalmente che le condizioni medie delle località, in quanto esse influenzano le anomalie della rifrazione, restino le stesse durante tutto l'intervallo). Quando queste variazioni della differenza delle latitudini saranno bene constatate per parecchie coppie d'Osservatori, non vi sarà più la menoma difficoltà a dedurne la soluzione del problema proposto sull'invariabilità delle latitudini.

“ Tale è in generale il principio delle operazioni proposte dal sig. Fergola; i dettagli ulteriori potranno essere studiati dalle persone che saranno incaricate di tradurre in atto il progetto. Non sarebbe forse necessario di fare queste os-

servazioni esclusivamente negli Osservatori permanenti; si potrebbero scegliere altre coppie di stazioni poste a un dipresso sul parallelo medesimo, od esattamente sul parallelo stesso, se si vuole, e ad intervalli in longitudine di tre a dodici ore. Qui si hanno ancora alcune indicazioni sulla scelta delle coppie di Osservatori.

Il Congresso deliberò di far conoscere a tutti gli Osservatori la proposta del sig. Fergola ed il rapporto del quale abbiamo dato un estratto.

Solo in maggio 1893 si incominciò a tradurre in atto il progetto del sig. Fergola applicando il metodo di Talcott per le determinazioni di latitudini con due strumenti zenitali identici appositamente costrutti da Wanschaff di Berlino. A Napoli osserva solo il sig. Fergola; in America a New-York il sig. Jacobi ed altri tre osservatori.

Napoli e New-York differiscono fra loro in latitudine di $6' 22''$.

In Italia fu istituita una stazione astronomica per lo studio della variazione della latitudine a Carloforte nell'isola di San Pietro (Sardegna): ne è direttore il prof. Ciscato (1902).

Se nulla verrà a perturbare il regolare andamento delle osservazioni, prima della metà del secolo si potrà sapere se esistono ovvero non variazioni secolari delle latitudini. Rimarrà poi a vedere quale di tali variazioni, se esistenti, sia la legge e quale la causa.

IV.

Veniamo ora ad occuparci delle variazioni a corto periodo delle latitudini (variazioni annuali); su di esse ne converrà trattenerci alquanto più, perchè più avanzata ne è la conoscenza e molti lavori si hanno che le riguardano.

La rotazione diurna della Terra si compie, come è noto, attorno ad un asse che dicesi *di istantanea rotazione* o *di rotazione diurna*. Supponiamo dapprima che la Terra sia nel suo interno un corpo perfettamente rigido, e che solo la sua crosta, sul cui spessore non occorre fare ipotesi, possa subire mutazioni di forma e natura. Non è d'uopo avvertire che nella crosta è compresa l'atmosfera. Si ammette però che crosta e nucleo partecipino come un solo complesso al movimento di rotazione: salvo ad introdurre in ulteriori investigazioni le varie ipotesi che si possono fare sulla rigidità della Terra. Si sa che ogni e qualsiasi cambiamento che succede nella massa, vien seguito da un corrispondente cambiamento nell'*asse principale di stabile rotazione*. Rammentiamo che in meccanica si chiama *asse principale di stabile rotazione*, od *asse principale d'inerzia* quella fra le infinite rette passanti per il centro di gravità del corpo, che dà il momento d'inerzia massimo.

Il punto d'incontro dell'asse di stabile rotazione colla superficie terrestre dalla parte nord

dicesi *polo settentrionale d'inerzia*, per distinguerlo dal *polo settentrionale di rotazione diurna* o *polo terrestre*, quale lo abbiamo definito.

Se si ammette, come prima ipotesi, che in un dato istante l'asse di stabile rotazione coincida con quello di rotazione diurna (d'istantanea rotazione), quella coincidenza si conserverà finchè nessun cambiamento o spostamento avvenga nella massa terrestre. Ogni variazione in detta massa produce un distacco di quei due assi. Avvenuto questo distacco, si presentano due casi circa quanto può avvenire dopo.

Si può dapprima considerare il caso teorico, che dopo il distacco cessi ogni lavoro geofisico, od in altre parole, che la massa terrestre divenga perfettamente rigida. In questa supposizione, l'asse di stabile rotazione rimarrà di poi invariato nell'interno del corpo, e fissi alla superficie di questo i poli corrispondenti. Occorre dopo considerare il caso della natura, che cioè avvenuto una volta tale distacco (se pur la coincidenza dei due assi si verificò mai, a tutto rigore, per più di un istante), continuino, alla superficie e nell'interno della Terra, i moti che le forze della natura vi producono. Eulero ha per il primo studiato il caso teorico, nelle ipotesi che la Terra sia un corpo assolutamente rigido e dell'egualianza dei due momenti d'inerzia equatoriali. Legendre in un'opera posteriore a quella di Eulero tratta il problema studiato da questi e giunge a risultati concordanti con quelli del grande matematico tedesco.

Eulero è giunto, colle accennate ipotesi, a questo risultato essenziale: *Il polo terrestre d'istantanea rotazione (diurna) deve descrivere attorno al polo d'inerzia un circolo intero sulla superficie terrestre, nel periodo di circa 10 mesi. La velocità di rotazione attorno all'asse d'istantanea rotazione è costante.* L'ultimo periodo del teorema equivale a questo: *La lunghezza del giorno siderale è costante.* Questo fatto è la base dell'astronomia pratica e della misura del tempo; esso è confermato dall'esperienza.

Si constatarono in astronomia alcuni fenomeni secondarii, che sembrano non potersi spiegare che con una minutissima alterazione nella durata del giorno siderale. Questa a sua volta ripete sua origine da cause (attrito delle maree, e fenomeni geofisici) delle quali fino a questi ultimi tempi, non si era tenuto alcun conto.

Introducendo i valori numerici osservati della precessione lunisolare e della nutazione nelle espressioni analitiche di questi fenomeni (le quali contengono come parametri i rapporti dei momenti d'inerzia della Terra ed il rapporto delle masse terrestre e lunare) si deduce il valore di tali rapporti e dal primo di essi colla teoria del moto rotatorio dei corpi rigidi si ricava il periodo di Eulero di 10 mesi, e da questo il teorema seguente: *l'asse di rotazione istantanea (diurna) descrive, in un anno, intorno all'asse di stabile rotazione (di massimo momento d'inerzia) un angolo apparente di $432^{\circ},8$.*

L'indiscutibile fissità in direzione (salvo la pre-

cessione e la nutazione) nello spazio dell'asse terrestre d'istantanea rotazione, ed il moto invece reale della Terra attorno al proprio centro di gravità rende ragione della parola apparente. Il teorema potrebbe enunciarsi anche più rigorosamente come segue:

Il polo terrestre viene in un anno a trovarsi successivamente in punti della superficie terrestre posti sopra un arco di cerchio, descritto attorno al polo d'inerzia come centro e dell'ampiezza di $432^{\circ},8$. La teoria e taluni dati dànno fondate ragioni a credere che il raggio sferico di quel cerchio, sia una non grossa frazione di minuto secondo d'arco.

Da questo cambiamento periodico circolare di sito del polo terrestre derivano evidentemente le seguenti conseguenze:

- 1° Una periodica variazione delle latitudini;
- 2° Una corrispondente oscillazione periodica del livello del mare.

Vediamo ora che cosa abbia constatato l'osservazione circa una variazione periodica delle latitudini. Bessel, con insufficienti elementi, tentò per la prima volta la determinazione numerica del periodo di 304 giorni. Peters trovò per il primo un valore approssimato di quella durata combinando insieme le costanti della precessione e della nutazione.

Nel 1820-21 Bessel istituì a Königsberg delle osservazioni sulla posizione del piano del meridiano rispetto ad una direzione determinata da mire collocate nei dintorni e nel piano del me-

ridiano, in un dato istante. Se si suppone che le mire giacenti in un dato istante nel piano meridiano, non subiscano spostamenti locali (il che per un certo numero d'anni, salvo casi eccezionali, si può ritenere avvenga in modo quasi assoluto), se tutta la Terra si muove attorno al suo centro di gravità, e quindi si sposta rispetto al polo celeste, la posizione di quelle mire rispetto ad esso muterà, come muta il polo terrestre. E se il moto accennato della Terra è periodico e tale da produrre il periodo di Eulero, la mira meridiana dovrà apparire ora a destra ora a sinistra della direzione che nell'intervallo rimane sensibilmente fissa, del polo nord celeste. Bessel, a mezzo di un cerchio meridiano di Reichembach, cercò di constatare quegli spostamenti; ma, malgrado la grande esattezza delle sue osservazioni, non ne constatò alcuno: e giunse alla conclusione che l'angolo fra l'asse d'istantanea e quello di stabile rotazione non poteva superare un quarto di secondo d'arco. Poco tempo prima, nel 1818, Bessel aveva pubblicato un lavoro sull'influenza delle variazioni della massa terrestre sulle latitudini geografiche. In esso egli dimostrò che per produrre uno spostamento dell'asse di stabile rotazione dell'importo di un secondo, occorrono movimenti di masse così enormi, che per questo riguardo, tutto quanto si poteva operare dagli uomini sulla Terra, rimaneva insignificante affatto. Bessel non considerò i grandi trasporti di materia prodotti dai fenomeni geofisici, sui quali daremo un cenno più avanti. Da

suoi lavori posteriori si deduce che egli dubitava della possibilità di dimostrare la variazione dell'asse terrestre secondo il periodo di Eulero. Uno dei suoi ultimi lavori fu una nuova determinazione della latitudine di Königsberg, dal 1841 al 1843 eseguita con cura particolare al circolo meridiano di Repsold; ed in esso la latitudine viene riguardata come costante.

Il prof. Carlo Brioschi, primo direttore della Specola di Capodimonte in Napoli, nel tempo 1824-26, accenna a possibilità di variazioni della latitudine, ed anzi ammette che essa possa essere e secolare ed a breve periodo. Egli crede poi di poter ritenere la latitudine come invariabile annualmente, e che la variazione a lungo periodo non sia sensibile nel giro di qualche anno e forse nemmeno di qualche secolo.

Verso il 1840 cominciarono all'Osservatorio di Pulkowo presso Pietroburgo, quelle osservazioni astronomiche veramente modello col circolo verticale di Ertel, che ancora oggi vi si continuano, e che hanno, fra altri fini, anche quello della ricerca della variazione delle latitudini geografiche, prodotta da movimenti del polo d'istantanea rotazione alla superficie del globo terrestre. I nomi degli astronomi Peters, Gylden e Nyrèn sono lodevolmente legati a quegli esattissimi studi.

Peters diede un'investigazione minuta delle osservazioni a Pulkowo negli anni 1841 e 1842, che sembra indicare per quell'epoca una deviazione dell'asse d'inerzia dall'asse terrestre di circa $\frac{3}{40}''$.

Ma egli stesso s'avvide, che malgrado la grande accuratezza delle osservazioni, la sua serie era troppo corta per poter separare quell'influenza periodica di dieci mesi, o del *periodo Euleriano* come suol dirsi, dalle altre influenze periodiche. Nè più concludenti furono per questo rispetto le osservazioni di Gylðèn e Nyrèn, e la discussione fatta da Downing di una serie decennale di osservazioni. Clerk Maxwell da osservazioni da lui eseguite a Greenwich negli anni 1851-54, trovò una piccola traccia di un piccolo angolo fra i due assi, ma differente tuttavia in fase da quello che la deviazione indicata da Peters, se reale e permanente, avrebbe dovuto produrre al tempo in cui osservava Maxwell. Egli pur notando come dalle sue osservazioni risultasse che durante quegli anni nessuna variazione della latitudine aveva potuto aver luogo, che salisse a mezzo secondo d'arco da una parte o dall'altra della posizione media dell'asse, avvertiva che questo risultato non era una obbiezione ad una possibile variazione della latitudine del detto valore, ma anzi all'opposto un debole indizio di ciò che in ciascun anno dei quattro suddetti si era verificato un minimo di latitudine. Lord Kelvin (William Thomson) rammenta osservazioni fatte da Newcomb a Washington dal 1862-67 per lo scopo che ci occupa. Nyrèn crede che gli elementi del periodo decimensuale sono molto probabilmente soggetti ad oscillazioni la cui origine non è ben chiarita. Lord Kelvin e Gylðèn, pensano con molta ragione, che causa di tali oscil-

lazioni possono essere le variazioni temporarie causate dai procedimenti meteorologici e geologici alla superficie della Terra e dai moti di marea di fluidi nel suo interno. Lord Kelvin, a questo riguardo così si esprime: " Vi è in realtà una vera ragione, nei cambiamenti temporanei del livello del mare, dovuta a cause meteorologiche, principalmente venti, ed al fondersi del ghiaccio nelle regioni polari, e corrispondente evaporazione, che sembra bastare ampiamente a render conto di deviazioni comprese fra $1\frac{1}{2}''$ ed $1\frac{1}{20}''$, dell'asse terrestre istantaneo da quello di massima inerzia, o come dovrei meglio dire, dell'asse di massima inerzia da quello istantaneo „.

Il periodo decimensuale od Euleriano fu studiato nell'ipotesi della Terra rigida ed in quella che avvenute una volta il distacco dell'asse di stabile rotazione da quello d'istantanea rotazione, la loro posizione relativa rimanga invariata, vale a dire che dall'istante di quel distacco, il lavoro geologico-meteorico o geofisico-terrestre, dal quale dipende la posizione dell'asse di stabile rotazione, sia cessato o divenuto insignificante. Ipotesi questa assolutamente contraria a quanto succede in natura, essendo invece incessante il lavoro geofisico e quindi continuo lo spostarsi dell'asse di stabile rotazione nell'interno della Terra. Il polo di stabile rotazione verrà così ad essere situato in punti diversi della superficie terrestre; e nel moto della Terra attorno al suo centro di gravità che deriva da tali cambiamenti, sull'estremità dell'asse terrestre (polo

terrestre), asse che si ammette sempre fisso in direzione nello spazio e passante pel centro di gravità) verranno continuamente a trovarsi altri punti della superficie terrestre. A questo modo il polo terrestre verrà successivamente portato a coincidere con punti che costituiranno una curva assai complicata, che sarà sulla superficie terrestre la traiettoria del polo terrestre; curva complicata, dicemmo, e ciò in virtù del moto Euleriano, e della non rigidità perfetta della Terra. I matematici e gli astronomi si sono con profonde investigazioni occupati di tale questione, colla quale va strettamente connessa la supposizione che si fa sulla costituzione della Terra, a seconda cioè che si ammette la sua perfetta rigidità, o plasticità totale ovvero parziale.

L'indole di quei lavori, in cui si mostra tutta la mirabile forza dell'analisi matematica moderna, non ci permette qui che di menzionarli e ricordare che essi sono dovuti a quei matematici ed astronomi insigni che sono Schiaparelli, Darwin, Gildèn, Lord Kelvin.

Ne piace qui ricordare che recentemente due esimii professori italiani G. Peano e V. Volterra, si occuparono in varii scritti pregevolissimi delle teorie meccaniche del moto del polo terrestre, sul quale è molto suggestivo un breve e quasi odierno lavoro del signor Picart.

V.

Esposto così rapidamente e sommariamente quanto si sa circa le variazioni secolari (a lungo

periodo) della latitudine ed accennati i lavori teorici circa quelle a corto periodo, passiamo ad esaminare se l'osservazione abbia in questi ultimi anni constatato alcunchè circa a variazioni a breve periodo, in qualche modo affine al periodo Euleriano. Il primo a mettere in luce l'esistenza di variazioni a corto periodo della latitudine, fu il prof. Nobile astronomo all'Osservatorio di Capodimonte in Napoli nel 1885. Nella prefazione al suo lavoro il professore Nobile scrive quanto segue: " Pubblico le presenti ricerche (in parte iniziate fortuitamente) le quali accennano ad una variazione annua della latitudine intorno ad un medio che alla sua volta potrebbe pure essere variabile. Tuttavia quest'opuscolo non deve essere considerato che come un invito agli astronomi di esaminare il valore della latitudine in diverse epoche dell'anno, riservando qualunque studio d'insieme fino a che il fatto sia incontrastato „.

Più oltre leggiamo le considerazioni seguenti, che crediamo vero pregio dell'opera il riportare qui.

" CAPITOLO I. *Preliminari.* — 1. Nella memoria da me pubblicata al principio del 1884 io conchiusi che la latitudine di Capodimonte dal 1820 al 1883 non aveva sensibilmente variato, almeno dentro i limiti di precisione delle osservazioni moderne. Con ciò io non intendeva di entrare nel concetto di un valore variabile della latitudine, ma implicitamente ammettevo di parlare di un numero costante, almeno in intervalli di tempo

non lunghissimi. Le ricerche che qui imprendo ad esporre (in parte iniziate fortuitamente) tendono a provare, essere probabile che la latitudine di un punto della Terra sia un elemento variabile nell'anno dentro certi limiti e che questi limiti, nello stato attuale dell'astronomia e della geodesia, non comprendano quantità assolutamente trascurabili „. Il prof. Nobile stesso, il prof. Fergola ed il dott. Angelitti si occuparono poi ancora della variazione della latitudine dell'Osservatorio di Capodimonte in Napoli.

Nel 1888 il dott. Küstner, astronomo a Berlino, pubblicò sulla variazione della latitudine un importantissimo lavoro. In questo, a conferma degli studi di Nyrèn e De Ball per Pulkovo, trovò che la latitudine di Berlino era nella primavera del 1882 di circa due decimi di secondo più grande che nella medesima stagione del 1880-81. Dalla primavera del 1884 a quella del 1885 la latitudine di Berlino risultò al dottore Küstner diminuita di circa due decimi di secondo.

Questi fatti destarono vivo interesse negli astronomi e nei geodeti; e la questione fu nel 1888 portata davanti alla Commissione permanente dell'Associazione Geodetica internazionale radunata a Salzburg nell'autunno di quell'anno e d'allora in poi rimase all'ordine del giorno di tutte le adunanze di quella Associazione.

Si fu per incarico di essa che il dott. Marcuse fu inviato ad Honolulu a determinarvi la latitudine dal maggio 1891 al giugno 1892. A ciò si

fu indotti da dubbi che erano sòrti circa le constatate variazioni della latitudine, che alcuni volevano prodotte da cause meteorologiche e conseguente alterazione della rifrazione, altri, da variazioni locali nella direzione della verticale, cause che non avrebbero potuto influire che su stazioni relativamente vicine, come quelle appunto nelle quali si erano constatati piccoli mutamenti nel valore della latitudine. Se questi piccoli mutamenti, invece, fossero stati cagionati da un moto della Terra che avesse portato sull'asse terrestre un punto della superficie di essa, diverso da quello che visi trovava prima, a Honolulu, distante in longitudine 171° e $\frac{1}{4}$ W di Berlino, il loro andamento doveva essere in senso opposto e pressochè uguale a quello che con osservazioni contemporanee venisse notato a Berlino. Contemporaneamente si osservava per lo stesso scopo a Praga e Strasburgo. Si giunse col confronto delle osservazioni di Honolulu e Berlino al seguente importantissimo risultato, che cioè: *le variazioni della latitudine geografica di Honolulu procedono direttamente opposte alle variazioni di latitudine constatate a Berlino e nelle altre stazioni tedesche.* Con ciò veniva posto fuori di dubbio lo spostamento del polo sulla superficie terrestre.

Dopo d'allora gli studi hanno preso un vigorosissimo impulso, nuove osservazioni, nuove indagini, discussioni di lunghe serie di osservazioni vennero istituite, con risultati ora sì ora no concordanti. Fra queste va menzionata quella dell'astronomo americano Chandler, cui fu conferita la

medaglia Watson dall'Accademia Americana Nazionale delle Scienze, nonchè la medaglia d'oro della Società Reale d'Astronomia inglese nella seduta del 14 febbraio 1896. Traduciamo qui dal giornale *Science* (1895, vol. II, pag. 477), il riassunto dello stato della questione, nella relazione degli astronomi B. A. Gould, A. Hall e S. Newcomb, che formavano la Commissione per l'aggiudicazione della medaglia.

Avvertiamo che in questa relazione si menziona il moto dell'asse nell'interno della Terra, come suolsi dai geometri ed astronomi, senza notare che questo moto è apparente, e che in realtà è la Terra, come già avvertimmo parecchie volte, che si muove attorno al suo centro di gravità, mentre l'asse terrestre rimane fisso in direzione nello spazio sempre passando pel centro di gravità della Terra.

1. Il fenomeno della variazione della latitudine non è locale, nè regionale, ma concerne tutta la Terra, esso proviene da uno spostamento dell'asse di rotazione rispetto all'asse principale d'inerzia di essa, e non da un cambiamento di direzione del primo nello spazio.

2. Sebbene l'asse di rotazione sia fisso in direzione dello spazio, esso descrive una rotazione attorno all'asse d'inerzia in un periodo di 428 giorni. Questo moto è circolare, con un raggio medio di circa 14 piedi (4^m,27) ed è diretto da West ad Est.

3. Contemporaneamente a questa rotazione la posizione del polo principale d'inerzia si muove

sulla superficie terrestre attorno ad una posizione media in periodo di un anno. Questo movimento avviene egualmente da West ad Est, ma lungo un'ellisse che è tre o quattro volte più lunga che larga, l'asse maggiore misurando circa 25 piedi ($7^m,625$) ed il minore 8 piedi ($2^m,44$). Attualmente l'asse maggiore è inclinato al meridiano di Greenwich di circa 45° . Il movimento è centrale ed ubbidisce alla legge, che i tempi sono proporzionali alle aree descritte dal raggio vettore intorno al centro dell'ellisse.

4. Tanto il raggio come il periodo del moto circolare della rivoluzione di 428 giorni sono simmetricamente variabili; il raggio fra circa 8 e 18 piedi ($2^m,44$ e $5^m,49$), il periodo fra circa 423 e 434 giorni, in una lunga era di probabilmente circa 66 anni. In questo moto disuguale la velocità angolare è media, quando la grandezza del circolo è minima, e massima, quando il circolo ha la sua dimensione media.

5. In simil guisa esistono simultaneamente variazioni nelle dimensioni apparenti e nella velocità del periodo annuo, che sono complementari con quelle della rivoluzione di 428 giorni, ma il materiale d'osservazioni ora disponibile non permette di decidere se esse siano il risultato di reali variazioni nella forma e nelle dimensioni dell'ellisse, o l'effetto di un movimento degli apsidi a lungo periodo. Tutto ciò che si può dire è che le osservazioni durante cinque anni mostrano che la linea degli apsidi o è fissa, ovvero, se variabile, compie una lentissima rivoluzione.

6. Oltre questi due movimenti di periodi relativamente brevi, appare distintamente un terzo moto di rotazione, in un tempo molto più lungo, probabilmente in circa 12 anni, con un raggio da 12 a 15 piedi ($3^m,66$ a $4^m,575$), che uguaglia simili indizi di variazioni lente, che sono state scoperte da altri investigatori.

I fatti così stabiliti sono il risultato della investigazione di un grandissimo numero di osservazioni, estendentisi su tutto il tempo dal principio dell'astronomia pratica esatta fino ad oggi, ed esauriscono in realtà tutto il materiale che, per l'attuale questione, può ricavarsi dagli annali astronomici.

Per questo rapporto vedasi anche il giornale *Observatory*, luglio 1895.

Ai lavori di Chandler il dott. Marcuse ha fatto delle critiche che taluno credette eccessivamente severe, mentre da altri si ritengono confermate da osservazioni posteriori.

Il dott. Albrecht, ha di recente pubblicato un lavoro intorno al moto del polo negli anni 1890-95. Esso mostra quanto sia complicato il percorso di esso polo. L'avvenire ci insegnerà se vi sia in esso la regolarità trovata da Chandler od un'altra o nessuna.

Solo quando ciò sia avvenuto, e sia chiarita la questione della variazione secolare delle latitudini, si potrà sceverare le variazioni comuni a tutti i punti della Terra da quelle locali, e vedere se sia o non il caso di applicare ad una latitudine determinata in una data epoca, una

certa correzione funzione del tempo, per ridurla a quella che sarebbe se il polo rimanesse fisso, pel paragone di osservazioni ad epoche lontane. Rimarrà poi, problema difficilissimo, a determinare di dette variazioni e delle loro leggi le cause, il che nell'ignoranza in cui siamo sulla costituzione interna della Terra, e sui mutamenti e deformazioni che il tempo produce nella Terra stessa e nella sua atmosfera, sarà tutt'altro che cosa facile. Sono pertanto vere più che mai le parole di Delambre:

Les deux questions de la grandeur et de la figure de la Terre, qui exercent depuis longtemps les astronomes et les géomètres, paraissent de nature à n'être jamais épuisées (1806).

Trattando del periodo Euleriano del moto del polo scriveremo che una delle conseguenze di esso sarebbe una corrispondente oscillazione periodica nel livello del mare. Una marea del periodo di 304 giorni è finora interamente sconosciuta. Però in questi ultimi anni, il signor van de Sande Bakhuyzen, direttore dell'Osservatorio di Leida, volle esaminare dal punto di vista della ricerca di essa le osservazioni del mareografo fatte durante trentotto anni, dal 1854 al 1892, a Helder, ed ha trovato un andamento periodico che si accorda assai bene con quello di 431 giorno circa, da lui stesso trovato per la latitudine; arrivando circa quest'ultima ad alcune conclusioni, non perfettamente concordanti con quelle di Chandler. Nè ciò deve recar meraviglia, quando si pensi alla complicazione dell'argomento, ed

alla difficoltà od impossibilità quasi di eliminare gli errori sistematici delle osservazioni, spesso istituite con metodi, istrumenti e fini diversi e delle costanti.


La ricerca delle variazioni del polo è ora nelle mani dell'Associazione Geodetica internazionale; da questa splendida creazione di Bayer verrà senza dubbio, per quanto la scienza il consente, la soluzione di questa importante e difficile questione che tanto interessa l'astronomia, la geodesia e la geofisica.

Chi sia desideroso di più ampia informazione sull'argomento della variazione delle latitudini, troverà estesi appunti bibliografici nello scritto del dott. Michele Rajna intitolato: *La riunione della Commissione permanente dell'Associazione Geodetica Internazionale in Innsbruck*, stampato nell'annata I della *Rivista Geografica italiana*, nonchè nello scritto *La variazione delle latitudini* dell'autore del presente articolo, apparso nel *Cosmos* di Guido Cora, Serie D, vol. IX. Per quanto si è fatto in Italia, vedi il pregievolissimo recente scritto del prof. Celoria nella *Rivista di Topografia e Catasto*, 1902.

La *Rivista di Topografia e Catasto* poi pubblicò nel vol. V la traduzione di un interessante lavoro del dottore Marcuse, dovuta all'ing. Guarducci. I Rendiconti dell'Associazione Geodetica Internazionale ed il periodico *Astronomische Nachrichten*, sono le pubblicazioni che danno lo stato corrente della questione, i cui elementi teorici si possono trovare nel classico *Trattato di geo-*

desia del dottore Helmert e nel vol. II della *Mec-*
canica celeste del sig. Tisserand (1).

(1) Il dott. Albrecht di Berlino pubblica ogni anno dei rapporti sulla variazione delle latitudini; ultimamente (1902 III) il prof. Kimura scoprì un periodo annuo. — All'avvenire ed a lunghe serie d'osservazioni è serbata la soluzione di tutte le questioni riguardanti questo importantissimo ed interessante argomento.



LE COMETE

... appar nitida e liscia
La gran volta del ciel, la notte è cheta,
Lucon le stelle, un'igneo cometa
Obliquamente il cupo etere striscia.

(ARTURO GRAF, *Plactus mundi*).

I.

Ad un'ora dopo la mezzanotte del 2 dicembre 1680 una gallina in Roma fece un uovo. Prego i lettori cortesi di non ridere, perchè quell'uovo era un uovo fenomenale, così, che sebbene un pochino meno famoso di quello di Colombo, ha pur tuttavia nella storia un posto eminente, tanto che dovendo discorrere delle comete io non posso tacerne. Di quest'uovo adunque si parlava tanto in Roma che ne fu scritto al Nunzio apostolico a Parigi, ove levò tanto rumore che il *Journal des savants*, posto sotto il patronato dell'Accademia delle scienze, nel suo numero del 20 gennaio 1681, non potè fare a meno di pubblicarne un disegno e di dare ai suoi lettori la seguente notizia di esso:

La nuit du lundi 2 décembre dernier, environ les huit heures (qui répondent à une heure après minuit selon

nôtre manière de compter), une poule qui n'avait jamais encore faits d'œufs, après avoir chanté d'une façon extraordinaire ensuite d'un grand bruit, fit un œuf d'une grosseur beaucoup au delà de la nature, marqué non pas d'une comète comme le peuple l'a cru, mais de plusieurs étoiles, ainsi que la figure le représente. Si tout cela est bien vrai, ce ne serait pas le premier prodige de cette nature qui aurait paru en Italie, pendant les éclipses ou les comètes, car sans parler des croix qui parurent en Calabre sur le linge lors de la comète de 1669, on a fait voir autrefois à M. Cassini dans la ville de Bologne une coque d'œuf sur laquelle on voyait un soleil en relief parfaitement bien marqué et on l'assura que cet œuf avait été pondu dans le temps d'une éclipse.

Dopo ciò io raccomando agli ostetrici che vedono tanto addentro a così segrete cose, a non persistere, contro l'evidenza, nel negare l'influenza degli astri sui caratteri dei nascituri.

Che che ne sia di questo famigerato uovo, sta il fatto che sul finire del 1680 brillò sul firmamento una stupenda cometa. La vide per il primo Gottifredo Kirch, figlio di un sarto ed astronomo valoroso, il 4 novembre 1680 in Coburgo. Evelio e Dörfel non la osservarono che il 2 dicembre dell'anno medesimo.

Questa cometa è talvolta detta cometa di Newton, non tanto perchè egli la osservò, quanto perchè egli mostrò su di essa l'applicabilità della sua gran legge della gravitazione universale a questa specie di astri, e calcolandone l'orbita, e provando che al passaggio della cometa per il punto del suo cammino più prossimo al sole, le superficie dei due corpi celesti dovevano essere molto vicine. Risultò dai calcoli di Newton che quella

cometa descrive attorno al Sole un'orbita ellittica così allungata da essere indistinguibile da una parabola. A lui pertanto s'applicano con giustizia i versi del poeta Thomson:

He, first of men, with awful wing pursued
The comet through the long elliptic curve,
As round innum'rous worlds he wound his way;
Till, to the forehead of our ev'ning sky
Returned, the blazing wonder glazes anew
And o'er the trembling nations shakes dismay (1).

Con questo verso ultimo il poeta accenna ad una parte importantissima che questi astri hanno avuta nell'istoria delle superstizioni umane.

Ecco che cosa ne scriveva Giovanni Celoria nel 1873:

Per un tempo lunghissimo le comete furono ritenute segnali precursori degli avvenimenti più importanti. Esse annunziavano le guerre, le sedizioni, i movimenti intestini delle repubbliche, presagivano le fami, le pestilenze, tutti i più gravi mali dell'umanità; alla morte di un principe o di altro grande della terra precedeva l'apparizione di una cometa; le comete furono una specie di oracolo universale, ed in esse si leggeva l'avvenire, come nelle storie il passato.

Queste idee nacquero dall'opinione di Aristotile, che riguardava le comete come corpi effimeri, formati dalle

(1) " Egli, primo fra gli uomini, con sublime volo, seguì la cometa lungo l'immensa curva ellittica, come avvolgente il suo cammino attorno ad innumerevoli mondi. Finchè ritornato il fiammeggiante portento brilla di nuovo sulla fronte del nostro cielo di sera, e semina sgomento sulle tremanti nazioni „.

esalazioni atmosferiche, accresciuta di tutti gli errori dei Caldei e vestita di tutte le follie dell'astrologia giudiziaria. Le si incontrano presso i Greci e presso i Romani; in Europa dominano universalmente ancora nel secolo decimosesto, e in sul principio del decimottavo se ne trova ancora una traccia manifesta. Gli spiriti più illustri non se ne seppero svincolare e le cronache di tutti i tempi fanno aperta testimonianza di così stolte credenze.

Giuseppe De Maistre (1754-1821), che aveva il fanatismo del passato, sosteneva ancora, aggrappandosi alle vecchie opinioni, che le comete sono segni dell'ira di Dio e che l'astrologia non è assolutamente chimerica (1).

Dante non accenna alla credenza nell'influenza delle comete nè nella *Divina Commedia*, nè nel *Convito*; una sola volta, parmi, nomina le comete nel suo poema, e si è al canto ventiquattresimo del *Paradiso*, verso 12:

Fiammando forte a guisa di comete.

Intorno a questo verso i commentatori sono, come al solito, in disaccordo, e spropositano naturalmente in fatto d'astronomia. Nel canto sedicesimo del *Purgatorio* il sommo Ghibellino si esprime energicamente contro la credenza nell'influsso degli astri.

Questo silenzio è tanto più notevole inquantochè durante la sua vita furono viste ben due

(1) *Soirées de Saint-Petersbourg*, 3^a edizione, to. II, pag. 317.

comete, l'una nel primo semestre del 1299 e l'altra nell'autunno del 1301.

Milton (1608-1674) accenna ancora a quelle credenze.

Descrivendo l'incontro ostile fra Satana e la Morte davanti alle porte dell'inferno egli scrive:

On the other side
Incensed with indignation, Satan stood
Unterrified and like a comet burned,
That fires the length of Ophiuchus huge
In the arctic sky, and from his horrid hair
Shakes pestilence and war.

(*Lost Paradise*, II, 706, 11) (1).

Un dotto cultore dell'astronomia e recentissimo commentatore di Milton, il signor Orchard, scrive a proposito dei versi sopra trascritti quanto segue:

Ofiuco (il Serpentario) è una grande costellazione che occupa una regione piuttosto povera del cielo al sud di Ercole. Essa ha una lunghezza di circa quaranta gradi ed è rappresentata dalla figura di un uomo che tiene un serpente in ciascuna mano. Non è facile immaginare perchè Milton abbia assegnato la cometa a questa costellazione poco interessante; forse egli ne ha vista una in questa parte del cielo, ovvero il suo orecchio poetico avvertì che l'espressione *Ophiucus huge*, che ha intorno

(1) MILTON, *Paradiso perduto*, traduzione di ANDREA MAFFEI:

Qual sanguigna cometa allor che infuoca
Là nell'artico ciel la smisurata
Plaga d'Ofiuco, e guerre e morbi scuote
Dalle sparte criniere.

a sè un ritmo ponderoso, era ben appropriata per la descrizione poetica di una cometa.

La sola altra allusione ad una cometa che riscontrasi nel *Paradiso perduto*, si è quando il Cherubino discendeva a prender possessione del Giardino, prima dell'allontanamento di Adamo ed Eva :

Fierce as comet; which with torrid heat,
And vapour as the Lybian air adust
Began to parch that temperate climate (1).

Quest'azione di produrre arsura attribuita alle comete ritroviamo nella *Gerusalemme liberata* del Tasso :

Spenta è del ciel ogni benigna lampa;
Signoreggiano in lui crudeli stelle,
Onde piove virtù ch'informa e stampa
L'aria d'impression maligne e felle.
Cresce l'ardor nocivo, e sempre avvampa
Più mortalmente in queste parti e in quelle:
A giorno reo notte più rea succede,
E di peggior di lei dopo lei vede.

Ottava che nel canto decimoterzo fa parte di quella bellissima, sebben un po' artificiosa descrizione della siccità, e nella quale forse *stelle* sta per *comete*.

(1) MILTON, *Paradiso perduto*, XII, 632-636, traduzione di ANDREA MAFFEI:

Terribile fiammava in apparenza
D'una cometa, e la torbida vampa
E l'igneo fumo che metteva, sembante
All'ardor che di Libia il cielo adugge.

Ed ancora:

Qual con le chiome sanguinose, orrende,
 Splendor cometa suol per l'aria adusta,
 Che i regni muta, e i ferì morbi adduce,
 Ai purperei tiranni infausta luce.

(*Gerusalemme liberata*, VII, 52).

D'altronde però le comete furono accusate di apportare ben altro che la siccità. Ecco alcuni sommari elenchi dei *doni* che si voleva recassero agli uomini quegli astri chiamati:

- Achterlie Unglück insgemein entsteht
 Wenn in der Luft erscheint ein Komet:
1. Viel Fieber, Krankheit, Pest und Tod.
 2. Shwere Zeit, Mangel und Hungersnot.
 3. Gross Hitz, dürr' Zeit, Unfruchtbarkeit.
 4. Krieg, Raub, Mord, Aufruhr, Neid und Streit.
 5. Frost, Kälte, Sturmweather und Wassernot.
 6. Viehl Hoher Leut' Abgang und Tod.
 7. Gross Wind, Erdbeben an manchen End.
 8. Viel Aenderung der Regiment.

(HARTMANN, *Kometenspiegel*, 1605) (1).

Qui si accenna alla formazione delle comete nell'aria conformemente alla teoria di Aristo-

(1) " In generale quando una cometa si genera nell'aria, si producono otto specie di flagelli:

1. Molte febbri, malattie, peste e morte.
2. Tempi tristi, miseria e carestia.
3. Gran calore, aridità, sterilità.
4. Guerra, rapina, sterminio, ribellione, discordia e lotte.
5. Gelo, freddo, temporali e siccità.
6. Dipartite di molti alti personaggi e morte.
7. Vento forte, terremoti in varie regioni.
8. Grandi mutamenti nel governo „

tele sull'origine delle comete già rammentata colle parole del prof. Celoria, e che come vedesi era ancora da taluni accettata nel 1605. Si hanno in tedesco altri elenchi delle disgrazie apportate dalle comete; la massima parte ne menziona otto, come quello testè scritto.

Il poeta e diplomatico francese Guillaume de Saluste Du Bartas (1544-1590) in un suo poema *La Semaine* si fece eco della superstiziosa credenza nel maligno influsso delle comete, ma ne ebbe da un altro sacerdote delle muse, Cristoforo Gamon (1576-1621), il seguente giustissimo rimprovero:

Cesse, je te supplie, cesse donc un instant,
D'aller de ce brandon, le vulgaire étonnant,
Contente-toi, Bartas, du mal qui le tourmente.
Quitte aux ethniques vains, cette vaine épouvante,
C'est se rendre complice à l'erreur monstrueux,
De donner du présage à l'astre aux longs cheveux.
Plus encore de penser, que son crin porte-flammes,
Par son branle incertain, doive ébranler les âmes;
Causer perte aux pasteurs, porter la grêle aux blés,
L'orage à la marine, et le trouble aux cités.
Puis où voit'on que Dieu nous ait prescrit cet astre
Pour prédire aux humains quelque inhumain désastre?
Veut'il que nous lisions dans les airs agités,
Non dans les saints feuillets, ses saintes volontés?
Combien voit'on de fois, que le Tout-Puissant jette
Les comètes sans mots et les mots sans comètes?

È vero difatti che nelle sacre carte non si trova che un accenno molto dubbio all'influenza delle comete, nei libri di Geremia.

Un altro passaggio contro la superstizione delle

comete leggesi in un libro di Benedetto Gerolamo Feyjoo, benedettino spagnuolo.

La cometa è una bravata del cielo contro la terra. Si è forse voluto farne uno spauracchio per i sovrani, per deprimere il loro orgoglio, sulla considerazione che essi hanno meno a temere sulla terra che gli altri uomini; ma i monarchi hanno quaggiù abbastanza nemici da paventare, senza che sia necessario per contenerli che le brillanti agitazioni del cielo concorrano coi vapori della terra. L'ambizione dei vicini, le lagnanze dei sudditi, i fastidi del governare, tali sono le comete che i sovrani devono temere.

Ho voluto riportare qui questi brani d'autori poco noti, per provare che anche contro la folle paura delle comete, uomini di mente aperta e libera elevarono energicamente la voce. E mi permetterò ancora di rammentare, cosa anch'essa ben poco conosciuta, che, a riscontro delle innumerevoli colpe onde furono accusate le comete, fu loro attribuita una sola buona azione, e di essa può andare orgogliosa la cometa mostratasi in cielo nell'inverno del 1472, a quanto racconta Giovanni Pretorius (1).

Nel 1472 adunque, dopo l'apparizione della cometa, nella miniera d'argento di Schneeberg, fu ritrovato un ammasso argenteo (*copia argenti*) su cui stavano scolpite le parole: " Ecce cui cometa luxit „.

(1) *Narratio de cometis qui antea visi sunt et de eo qui a. 1577 apparuit*, Norimberga, 1578.

Shakespeare così parla delle comete:

Comets importing changes of times and states
Brandish your crystal tresses in the sky,
And with them scourge the bad revolting stars
That have consented unto Henry's death (1).

II.

In tempi a noi più vicini le comete dovettero sopportare un'accusa più grave di tutte quelle che loro si eran lanciate nei secoli meno illuminati, e che sarebbe, se vera, stata certo l'ultima che gli uomini avrebbero loro mossa, giacchè si pretese che una di esse avrebbe apportato la fine del mondo. Che questa potesse avvenire per l'urto della Terra con una cometa si paventò da molti in Parigi nel 1775: in detta città si era sparsa la voce che una cometa doveva trovarsi sull'orbita della Terra, urtarla e mandarla a pezzi. L'origine di questa poco piacevole diceria fu una Memoria che l'astronomo Lalande doveva leggere, ma non lesse, il 21 aprile di quell'anno, nella seduta pubblica dell'Accademia delle scienze. Nessuna predizione di scontro con comete si con-

(1) *Henry VI*, prima parte, atto I, scena I (G. CARCANO, *Teatro completo di Shakespeare*, Milano, 12 volumi, presso Hoepli, 1874-82):

E voi comete
Che annunziate il cader di regni e tempi,
Agitate nell'aer le cristalline
Vostre treccie, e i ribelli astri punite
Che recano morte al quinto Arrigo!

teneva in quella Memoria, che portava il seguente innocentissimo titolo: *Réflexions sur les comètes qui peuvent approcher de la Terre*. Prima di far pubblico il suo lavoro, Lalande dovette, tanta era la paura della gente, far stampare sulla *Gazette de France* del 6 maggio una nota che calmasse la gente. Essa non valse, ed il panico divenne tale che i devoti volevano che s'innalzassero al cielo preci solenni per scongiurare il disastro; i dotti persuasero l'arcivescovo di Parigi a non dar loro retta onde non cadere nel ridicolo. Lalande pubblicò nel corso del 1775 medesimo il suo lavoro, e poco per volta si scordarono e la cometa e il minacciato finimondo, che rimasero solo nelle canzoni popolari e nelle riviste umoristiche all'*Opéra comique*.

Queste paure però rinacquero nel 1832 per la cometa di Biela scoperta nel 1826 e della quale dovremo discorrere a lungo più innanzi; d'allora in poi quelle barocche idee non si manifestarono più, ed auguriamoci ad onore dell'umanità che esse sieno seppellite per sempre, e che le comete diano retta una buona volta alla preghiera di Voltaire:

Comètes que l'on craint à l'égal du tonnerre,
Cessez d'épouvanter les peuples de la Terre.
Dans une ellipse immense achevez votre cours.

È curioso avvertire che un grande naturalista, Buffon, anzichè vedere nelle comete corpi infausti minaccianti alla Terra distruzione e fine, volle vedere in una di esse la cagione della forma-

zione dei pianeti tutti del sistema solare. Egli suppose che una cometa, cadendo sul Sole, ne abbia fatto scaturire un torrente di materia, che raggruppatasi a distanza in parecchi globi di diversa grandezza e lontananza da quell'astro, formò i pianeti ed i satelliti. Laplace ha dimostrato la completa insussistenza delle idee di Buffon.

Tanto la distruzione quanto l'origine della Terra prodotte da una cometa implicano l'urto di questi due corpi. Arago e lord Kelvin hanno fatto evidente che l'urto di due corpi celesti, di due masse cosmiche è enormemente poco probabile, e le conseguenze non ne possono certo essere prevedute: esse dipendono dalla massa e natura dei due astri e dalla velocità e direzione del loro moto. Ad ogni modo, in questi ragionevoli convincimenti, checchè nell'avvenire siano per apportare agli uomini le comete, oggi esse non sono, per la comune, che un oggetto di curiosità, e per gli astronomi argomento a lunghi calcoli, osservazioni e indagini circa i tanti e curiosi fenomeni che molte di esse offrono alla nostra contemplazione. Discorriamone brevemente.

III.

Le comete, nelle quali i superstiziosi nostri padri credettero di vedere ogni sorta di orribili cose, non cominciarono ad essere osservate col cannocchiale che nel 1618. Questo fu un anno memorabile per l'astronomia, perchè in esso Ke-

plero trovò la terza legge del moto dei pianeti, che condusse Newton alla scoperta della legge della gravitazione universale, e si fu anche in quell'anno che Cysat a Luzern osservò per la prima volta la grande nebulosa d'Orione.

L'osservazione ha dimostrato che le comete sono corpi costituiti di materia cosmica in uno stato di tenuità e di rarefazione grandissima specialmente in quelle parti della loro figura che diconsi *chioma* e *coda*, per rassomiglianza con simili appendici negli animali. Anticamente si parlava anche di *barba* delle comete, ora non più, e questi astri non sono più *barbuti*, ma *chiomati* o *caudati*. La parte che si mostra più luminosa, più densa, dicesi *nucleo*.

Babinet chiamò le comete *des petits riens visibles* e sir John Herschell le descrive quasi come *spirituali* nella loro struttura. Attraverso alle parti più dense di talune comete si scorsero non di rado piccole stelle, senza percettibile diminuzione del loro lume, fatto già avvertito da Seneca. Questo grande uomo che con Anassagora e Democrito professava, intorno alle comete, dottrine molto superiori alle idee dei suoi contemporanei, in un passo che fu molto citato, predisse che in qualche epoca remota un uomo sarebbe nato, che avrebbe spiegato il movimento di questi corpi. Ma ben sedici secoli dovevano volgere prima che il grande Newton venisse a far vera quella profezia. La tenuità estrema della materia delle comete è poi provata anche dal fatto che alcune di esse passarono molto vicino a certi pianeti,

senza per nulla perturbarne il corso. Il 30 giugno 1861, la Terra attraversò la nebulosità che formava la coda della splendida cometa di quell'anno, e gli uomini non se ne avvidero, e nulla, per quanto consta, fu mutato nei movimenti celesti o terrestri, a meno che non si voglia riguardare come conseguenza di quell'incontro una debole luce gialla fosforescente che taluno credette di aver osservato.

Un inglese, Whiston, insegnò nella sua *Teoria della terra*, che il diluvio universale era stato prodotto dal passaggio di una cometa molto vicino alla Terra. Egli assegnò nella sua fantasia, alla splendida cometa apparsa nel 1680, non solo nei passati tempi, l'odiosa parte di carnefice dei contemporanei di Noè per via umida, ma profetando ruine e stragi, anche quella futura di sterminatrice degli uomini per via ignea.

Una penna immaginosa, se mai ve ne fu, quella del celebre novelliere americano Edgardo Poë, ha delineato a fiammanti colori quale potrebbe essere uno scontro fra la Terra ed una cometa, nella conversazione fra Eros e Charmion. Poë finge che la cometa consumi la Terra in una immane conflagrazione, attenendosi al detto biblico che la Terra sarà bruciata con tutto ciò che contiene. L'epoca dei romanzi scientifici non è ancora terminata.

Ora viene spontanea la domanda: La materia diffusa che costituisce le comete che cosa è? È dessa qualcuna di quelle sostanze che si trovano sulla Terra? Vediamo di rispondere.

IV.

L'idea di giungere a conoscere di che è fatto un corpo celeste per mezzo dell'osservazione, sarebbe certo sembrata agli antichi semplicemente pazzesca; l'attuazione di essa è una delle più pure glorie della scienza moderna; ed il suo sviluppo forma il più recente ramo dell'astronomia, l'astronomia fisica. L'astronomia matematica si occupa essenzialmente della determinazione del sito dei corpi celesti e dei loro movimenti; l'astronomia fisica della loro costituzione fisico-chimica, e di taluni loro moti speciali.

Nello stato attuale delle conoscenze umane si può giungere a conoscere quali sostanze si trovino alla superficie di un corpo celeste solo quando questo sia luminoso di luce propria: quando l'astro, come i pianeti ed i loro satelliti e la Luna, risplende di luce del Sole riflessa, nulla se ne può sapere.

Il polariscopio, istrumento complicato che qui non giova descrivere, ci fa vedere che una porzione del lume delle comete viene dal Sole, da esse a noi rinviata per riflessione. Rimane l'altra parte che l'astro vagabondo c'invia direttamente: questa ci palesa, analizzata allo spettroscopio, la natura chimica della materia cometaria.

Come è noto fin dai tempi di Newton, ogni luce che attraversa un prisma di vetro, è decomposta, e si distende in una immagine allungata detta spettro, nel quale si scorgono i sette

colori dell'iride, dal rosso al violetto. In generale questo spettro non è continuo, ma è solcato da strie o linee e bande, le une scure, le altre lucide, che mutano di disposizione e di sito secondo la natura e la provenienza della luce e delle fiamme, e che svelano all'osservatore la composizione chimica dei corpi che producono la luce e le fiamme. Si è su questo principio che si fonda la spettroscopia, ramo delle scienze fisiche astronomiche, mercè la quale si giunge a scoprire la costituzione chimica del Sole, delle stelle fisse e delle comete. Lo spettro del Sole è stato ed è particolarmente studiato, ed ogni spettroscopista lo riconosce a prima vista. Lo stesso si è dello spettro delle luci, alla generazione delle quali concorrono corpi contenenti del carbonio, dell'idrogeno e dell'azoto, sia bruciando, o sia per effetto del passaggio di una scarica elettrica. Esso si riduce a quattro bande luminose, separate da larghi spazi oscuri e situate nel giallo, nel verde, nel bleu e nel violetto: esse sono caratteristiche dei nominati gas, così, che tutte le volte che le si scorgono, si può asserire che quelle sostanze esistono nei corpi illuminanti che li mostrano.

In questi ultimi anni la luce delle comete è stata analizzata collo spettroscopio; fra i primi a far queste indagini furono l'italiano Angelo Secchi gesuita e l'inglese Huggins. Si trovò che lo spettro del nucleo e di una piccola porzione della radice della coda consiste in bande luminose, che nella maggior parte delle comete sono

in generale le stesse, sebbene alcune presentino particolarità proprie. Questi spettri in generale concordano con quelli delle fiamme leggermente luminose dei carburi d'idrogeno, quali quelli della base azzurrognola di una candela. Lo spettro gassoso delle comete è accompagnato, in gradi variabili, da uno spettro continuo. Questo in generale è con maggior evidenza prodotto dal nucleo, ma si estende anche più o meno nelle varie appendici nebulari dell'astro. In parte esso è certamente dovuto alla luce solare riflessa dal nucleo, in parte probabilmente all'ignizione di minute particelle solide.

L'aver constatato la presenza del carbonio nelle comete è un fatto importante assai nella filosofia naturale, giacchè con ciò viene ad attribuirsi a questo elemento, così essenziale nella vita organica terrestre, una distribuzione per tutto lo spazio siderale, giacchè le comete ci vengono da tutte le regioni e profondità del cielo. Esse esistono in tal profusione, che, come disse Keplero, vi possono essere più comete in cielo, che pesci in mare. Quanto alla distanza dalla quale vengono, ed a quella alla quale s'allontanano, l'astronomia è impotente a dirlo.

La gravitazione universale ci rende ragione della natura del cammino celeste delle comete e come talune siano periodiche, vale a dire ritornino ad essere visibili dopo un certo tempo. Liberiamo la mente dai ceppi dello spazio e del tempo, e facciamola seguire una cometa nella sua vita cosmica.

Richiamo prima alla memoria alcune nozioni di meccanica celeste. Se un corpo animato da una certa velocità viene a trovarsi nella sfera d'attrazione d'un altro corpo di attrazione preponderante, imprenderà a muoversi attorno ad esso, descrivendo un circolo, un'ellisse, una parabola od un'iperbole a seconda della grandezza di tale velocità. Vi è una sola velocità che costringa il corpo a descrivere un'orbita circolare ed una sola del pari corrispondente ad un percorso parabolico: velocità intermedie a queste due danno orbite ellittiche, superiori, orbite iperboliche. A tutti è noto che cosa sia un circolo. L'ellisse, l'iperbole e la parabola sono curve già ben note agli antichi, e che si ottengono segnando un cono circolare con un piano, variamente inclinato rispetto al cono stesso. L'ellisse è una sorta di ovale, che i giardinieri sanno così ben descrivere a mezzo di due piuoli infissi nel terreno, ed ai quali è legata una funicella, che si tien tesa a mezzo di una punta, che movendosi sempre tendendo lo spago descrive la curva.

Man mano che l'ellisse si allunga, fino a divenire infinitamente estesa, essa si va accostando alla parabola, che è raggiunta al detto limite. La forma di una parabola può vedersi a un dipresso realizzata nel cammino di un sasso, di un proiettile lanciato obliquamente nello spazio. Non si hanno nella vita solita esempi di curve iperboliche.

Se si cammina lungo un'iperbole od una parabola, senza mai retrocedere, non si può *mai più*

ritornare al punto di partenza, perchè per ciò fare bisognerebbe passare per un punto a distanza infinita. Punto che, sia detto con tutto il rispetto dovuto ai matematici, non ha domicilio conosciuto, ed al quale in ogni caso non si arriva se non dopo un viaggio di durata infinita, o camminando con una velocità infinita, vale a dire *mai*. La parabola è l'anello di congiunzione fra l'ellisse, curva rientrante, e l'iperbole che si stende fino all'infinito.

Essendovi infinite velocità che possono produrre attorno ad un dato centro di attrazione orbite ellittiche od iperboliche, mentre non se ne ha che una che generi orbita circolare ed orbita parabolica, queste saranno le meno frequenti e probabili, le altre due assai più. Ancora, poichè per avere un'orbita iperbolica si richiede una forza molto maggiore, così anche per questa ragione le orbite ellittiche, con ritorno al punto di partenza dopo un tempo più o meno lungo, saranno le più numerose.

In astronomia s'insegna come, ammessa l'ipotesi di un moto, ellittico, o parabolico, od iperbolico, si possa coi dati dell'osservazione calcolare la situazione e le dimensioni della curva che rappresenta meglio il moto osservato della cometa. In generale bastano tre osservazioni, ad epoche differenti, della posizione celeste della cometa, per risolvere il problema, non certo facile, più semplice nel caso della parabola che negli altri. Però siccome si hanno ora in generale molte osservazioni di una stessa cometa, la que-

stione si complica, pure riuscendo a risultati più esatti, a mezzo d'un metodo matematico detto dei *minimi quadrati*, dovuto a Legendre ed a Gauss.

Si è trovato che per la massima parte le orbite delle comete, nel tratto del loro percorso accessibile alle nostre osservazioni, sono ben rappresentate da ellissi così allungate, che per quel tratto si confondono con parabole. D'altronde i corpi del sistema solare esercitano sulle comete tali perturbazioni che ben può verificarsi, che una cometa n'abbia mutata varie volte la natura del suo percorso. Questa è una grande difficoltà nel calcolo e nella predizione del ritorno delle comete. Per alcune comete, a dire il vero, il corso loro fu ben rappresentato da orbite iperboliche. Ma ove si rifletta alla difficoltà ed al breve intervallo delle osservazioni nonchè alla piccolezza delle differenze sulle quali si appoggia la maggior probabilità delle orbite iperboliche, si rimane inclinati a considerare le medesime, specialmente quelle che si riferiscono alle comete più antiche, come semplici risultati di calcolo, ai quali non corrisponde la realtà delle cose.

Riassumendo quindi le nozioni fin qui esposte, diremo che le comete sono corpi di piccola massa, costituite da materia diffusissima, contenente del carbonio, dell'idrogeno e dell'ossigeno.

Il loro moto si compie in curve talora rientranti in sè, talora non, così che se ne hanno di periodiche e non. Il loro cammino può essere grandemente alterato e mutato dalle attrazioni dei grandi pianeti.

V.

Fra le comete periodiche ve ne ha una, che gli uomini hanno veduto già molte volte: essa è quella che vien detta di Halley, dall'astronomo inglese, che ne scoprì la periodicità e ne predisse il ritorno. Secondo gli astronomi Laugier e Hind la prima apparizione di questa cometa, di cui si abbia contezza attendibile, risale a 12 anni prima di Cristo; le successive avvennero negli anni 66, 141, 218, 295, 373, 451, 530, 608, 684, 760, 837, 912, 989, 1066, 1145, 1223, 1301, 1378, 1456, 1531, 1607, 1682, 1759, 1835. La sua apparizione nel 1682, fu l'occasione delle celebrate indagini di chi le diede il nome. Tutti i cronisti del secolo XI parlano della cometa mostratasi in cielo nell'aprile 1066, e che registrata anche negli annali chinesi, era grande come la Luna piena, con una coda che piccola da principio, crebbe ad una meravigliosa lunghezza. In Inghilterra essa fu considerata come foriera della vittoria di Roberto di Normandia, che il 28 settembre poi sconfiggendo Aroldo, poneva fine alla dominazione sassone e stabiliva quella dei Normanni. A Bayeux in Francia si conserva un arazzo preziosissimo, che ricorda la grande cometa di quell'anno: esso rappresenta delle persone, che guardano additando una grande stella in cielo, porta il motto: *Isti mirant stella*. Su questo arazzo la regina Matilde trapunse,

assieme alla cometa, la memoria della conquista d'Inghilterra operata da suo marito Guglielmo il Conquistatore.

In questo arazzo, *stella* significa cometa, ed a questo proposito ci si consenta una breve digressione. *Cometa* deriva dal greco *kôme* che vale chioma, ma con questo nome non s'indicano solamente gli astri di cui stiamo scorrendo. In botanica diconsi *comete* talune piante della famiglia delle *diantee* con allusione alle due appendici piumose che accompagnano i fiori laterali. Questa pianta *caracia* od *erba lazza* puzza e contiene molto sugo lattiginoso caustico. In zoologia furono detti *cometes* alcuni uccelli mosca, ma siccome vi erano già altri animali indicati con quel nome, così esso venne cambiato in quello di *Sappho*. Con *cometes* fu anche denominata una farfalla notturna, probabilmente a cagione di due lunghe appendici filiformi delle ali posteriori. *Cometa* è detta una speciale carta, in un giuoco colle carte inventato per distrarre Luigi XV di Francia.

Un'altra famosa apparizione della cometa di Halley si è quella del 1456, e questa fu certo l'occasione in cui l'astro sfoggiò maggior splendore e grandezza. Era da tre anni appena caduta Costantinopoli ed i Turchi minacciavano terribili ed inesorabili l'Europa cristiana: sulla cattedra di san Pietro sedeva Calisto III dei Borgia, quando in giugno una portentosa cometa s'accese in Cielo, nelle costellazioni che vanno dal Toro fino al Leone. Era terribile e grande,

dicono gli storici di quel tempo, la sua coda copriva due segni celesti, vale a dire sessanta gradi, e l'estremità era allargata in forma di coda di pavone. Vi si vide un segno certo della collera divina, i Mussulmani vi vedevano una croce, i Cristiani un yatagan.

Il Papa spaventato e dai Turchi e dalla cometa, ordinò che in ogni chiesa al mezzodì di ogni giorno si suonassero straordinariamente le campane e si recitassero *Ave Maria* e quella preghiera detta *Angelus* dalla parola con cui comincia, che si recita ancora oggi, e che il pittore Millet ha vivificato, in quel suo mirabile quadro, venduto dopo la sua morte, per mezzo milione, ad un americano. Mentre la cometa era ancora visibile, il capitano ungherese Uniade ed il monaco Giovanni da Capistrano costrinsero il conquistatore di Costantinopoli a levare l'assedio da Belgrado. Il Papa volle conservare memoria del glorioso fatto ed ordinò, che s'istituisse una grande festa per *La Trasfigurazione*, il cui anniversario ricorreva pochi giorni dopo la battaglia. Qualcuno vuole attribuire a quella circostanza il nome di *comete* che si dà ad una sorta di ciambelle che si vendono alle porte delle chiese in taluni giorni di Santi: altri fa, forse più ragionevolmente, derivare quel nome da *comedere* latino, che significa mangiare. In Dino Compagni troviamo:

Questa stella si chiama *colmetta*,
Che raggi come crini ardenti getta:

ed in un sonetto di monsignor Della Casa:

Si come stella
Che coll'ardente crin fiammeggia e splende.

Molte volte anche oggi si dice *stella cometa*, come nella popolarissima canzone che comincia con " la stella cometa la vien col vapor „. In francese il nome di questi astri fu talvolta maschile; leggiamo difatti in Brébeuf (1618-1661).

Et d'un sombre ascendant l'influence secrète,
Fait d'un feu lumineux un sinistre comète.

Per la storia astronomica della cometa di Halley, la più importante fra le sue apparizioni è quella del 1682, nella quale Halley stesso la osservò. Halley (1650-1742), avendo imparato dalla dottrina di Newton la possibilità che una cometa si movesse in un'orbita ellittica, e quindi che quella potesse essere periodica, intraprese una ricerca laboriosissima; egli raccolse dalle istorie delle comete osservate tutti i particolari attendibili, e così venne a conoscenza, con tollerabile accuratezza, dei percorsi celesti di circa ventiquattro grandi comete. Una di queste fu quella del 1682 della quale egli calcolò l'orbita, ed investigando se essa avesse già potuto altra volta visitare il nostro sistema solare, trovò che la cometa rassomigliava strettamente ad una osservata da Appiano nel 1531, e ad un'altra osservata da Keplero nel 1607, e dai suoi calcoli fu indotto a credere e ad affermare che la cometa osservata a quelle tre epoche, distanti fra loro di

circa settantacinque anni e mezzo, era la stessa, che si moveva lungo un'ellisse a percorrere la quale impiegava quel tratto di tempo. Fatto di ciò fermamente convinto, egli decise di sottoporre le sue idee alla prova del fuoco, che è quanto dire egli si peritò di predire il ritorno di quell'astro pel 1757 o 1758, nella supposizione che non venisse deviata dall'attrazione di altri corpi. Tra questi il più potente è Giove, a poca distanza dal quale passa la cometa, e che secondo Halley ne avrebbe ritardato il ritorno fino alla fine del 1758 od al principio del 1759.

La predizione fu un avvenimento memorabile nell'istoria dell'astronomia, in quanto che essa fu il primo tentativo di predire il ritorno di uno di questi misteriosi corpi, le cui visite sembravano sfuggire ad ogni legge nota e fissa, e che erano riguardate come forieri di flagelli e sventure. Halley sentì tutta l'importanza del suo annunzio; egli sapeva che la sua mortal carriera sarebbe trascorsa prima che la cometa avesse completata la sua rivoluzione, e con linguaggio quasi commovente il grande astronomo scrisse:

Pertanto, se, secondo la nostra predizione, essa ritornerà circa l'anno 1758, la posterità imparziale non si rifiuterà di riconoscere che ciò fu per la prima volta scoperto da un Inglese.

Un grande matematico francese, Clairaut, completò i calcoli di Halley, studiando le perturbazioni che i grandi pianeti potevano produrre sulla cometa e ne conchiuse che essa sarebbe passata per il perielio (punto della sua orbita più vicino

al sole) verso la metà d'aprile del 1759, avvertendo che, in causa di possibili perturbazioni allora sconosciute, l'epoca fissata avrebbe potuto essere in ritardo od in anticipazione anche di un mese. La cometa passò al perielio il giorno 12 marzo 1759, un mese prima della data stabilita da Clairaut, ma dentro i limiti di tempo da lui fissati. La cometa, in quel suo ritorno, fu per la prima volta vista, non da astronomi con cannocchiali, ma da un contadino sassone di nome Palitzch, che con grande amore guardava ed ammirava ogni notte il cielo, la notte del Natale del 1758 presso Dresda.

La cometa di Halley ritornò nel 1835, e fu studiata dal sommo Bessel; il suo prossimo ritorno è fissato per il 1910. Sarebbe certo curioso ed interessante assai il poter colla cometa ritornare ogni tre quarti di secolo a visitare la Terra, non altrettanto certo l'abitarla.

Si conosce ora il cammino ellittico di parecchie comete, dette perciò periodiche, ma esse sono tutte piccole e solo visibili con cannocchiali, e sono così in notevole contrasto con la splendida cometa di Halley.

L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* per il 1902 registra diciotto comete periodiche delle quali si è osservato il ritorno, si contano sessantasette comete periodiche delle quali è conosciuta una sola apparizione.

Di una di queste comete periodiche, che è detta di Biela, ci occuperemo a lungo in un prossimo lavoro sulle stelle cadenti.

Vogliamo ora dire due parole intorno ad un'altra distinta col nome di Encke, grande astronomo tedesco.

Il 26 novembre 1818, in Marsiglia, Pons, infaticabile scrutatore del cielo, scoprì, nella costellazione di Pegaso, una piccola cometa, visibile solamente col telescopio. Di essa, che fu visibile per circa sette settimane, si ebbero molte osservazioni: Encke trovando che un'orbita parabolica non corrispondeva per nulla ad esse, si decise di applicare a quelle un metodo immaginato dall'illustre Gauss, ed allora ancora poco usato. Egli trovò che la vera forma dell'orbita era ellittica, e che la cometa compieva sua rivoluzione in circa tre anni e mezzo. Calcolando poi, in sei settimane, con un vero *tour de force*, le perturbazioni che la cometa aveva subito negli anni addietro, riuscì a constatare che l'astro del quale egli tracciava coi numeri l'istoria era quello stesso che fu scoperto da Mechain a Parigi il 17 gennaio 1786, e identico con quello scorto prima da miss Carolina Herschel il 7 novembre 1795, e poi il 19 ottobre 1805 da Thulis a Marsiglia. Inoltre egli fu in grado di affermare che fra il 1786 ed il 1818, quella cometa era passata sette volte al perielio senza essere vista: e di predire che sarebbe ritornata il 24 maggio 1822, dopo essere stata ritardata di nove giorni per l'influenza di Giove. Questa predizione si verificò così esattamente, che gli astronomi concordi diedero il nome di Encke alla cometa, non solo in riconoscimento della sua diligenza ed abilità nel

condurre a termine uno dei più intricati e laboriosi fra i computi astronomici, ma altresì per rammentare il primo calcolatore di una cometa a corto periodo, appartenente ad un gruppo importantissimo di astri. Dalle osservazioni che della cometa fece Rümker nell'osservatorio privato di Sir T. M. Brisbane a Paramatta nella Nuova Galles del Sud, potè predirne il prossimo ritorno pel 16 settembre 1825. Nei ritorni menzionati ed in quelli successivi fu notato quanto già Encke aveva avvertito, che essi anticipavano ogni volta di due ore e mezza, che non potevano spiegarsi con nessuna perturbazione di pianeti. Encke riprendendo alcune idee di Newton pensò che potesse chiarirsi questa anticipazione congetturando l'esistenza nello spazio percorso dalla cometa di un tenue mezzo resistente, sufficientemente denso per influire sopra un corpo così sottile, ma incapace di esercitare qualsiasi influsso sui movimenti dei pianeti. Ciò in conformità delle opinioni di Olbers, e di talune idee di Eulero, che voleva che quel mezzo avesse ad essere l'agente di distruzione del bell'ordine del sistema solare. Bessel dubitò che l'ipotesi di Encke potesse essere accettabile, e pensava che fenomeni fisici, dei quali diremo fra breve, osservati nella cometa, potevano con maggior fondamento chiarirne l'accelerazione del movimento medio. Mezzo secolo trascorse prima che qualche cosa di simile potesse scoprirsi in altri astri della famiglia cometaria. Nel 1880 il professore Oppolzer annunciò che una cometa veduta prima da Pons nel 1819, e scoperta di

nuovo da Winnecke nel 1858, era accelerata ad ogni sua rivoluzione precisamente nel modo insegnato dalla teoria di Encke. Ma le più recenti indagini di Von Asten e Backlund rivelarono nei movimenti della cometa di Encke una circostanza molto imbarazzante. Essi confermano i risultati di Encke per le epoche cui si riferiscono, ma attestano che l'accelerazione è rapidamente diminuita di circa la metà nel 1868. La realtà e la permanenza di questa variazione furono pienamente confermate dalle osservazioni nel ritorno del 1885. L'astronomo Sherman vorrebbe collegare le variazioni degli elementi che servono a fissare l'orbita della cometa di Encke colle macchie solari. Hall, per contro, esaminando le ricerche di Encke e Von Asten, e quelle più recenti di Möller, Backlund ed E. von Haerdtl, dichiara che l'esistenza di un mezzo resistente come causa dei fenomeni che si tratta di spiegare, non può più essere sostenuta in modo generale. Il signor Hall suggerisce che sarebbe il caso di riprendere le idee di Bessel sulle perturbazioni del movimento che possono derivare dall'abbandono di una parte della materia cometica. Da più recenti suoi lavori il signor Backlund sarebbe indotto a credere che si debba escludere l'esistenza di qualsiasi mezzo resistente continuo, e che esso debba essere localizzato in certe regioni.

Hirn, eminente fisico svizzero, trova inaccettabile l'ipotesi di un mezzo resistente, e propende verso l'opinione che le variazioni nei movimenti della cometa di Encke siano dovute ai

fenomeni fisici che in essa si svolgono, ed alle varie condizioni calorifiche cui l'astro è sottoposto, quando si trova vicino al Sole, e quando se ne allontana.

È curiosa l'opinione di Stanley Jevons a questo riguardo. Esaminando varie teorie scientifiche, menziona quella del mezzo resistente, escogitata da Encke, e scrive: " Ma tali ipotesi faranno molto male, tutte le volte che esse ci storneranno dal tentare di conciliare i fatti colle leggi conosciute, o quando ci condurranno a collegare cose fra loro disparate. Ad ogni modo noi non abbiamo diritto di confondere il mezzo resistente supposto da Encke, colla base della luce senza distinta evidenza di identità „ (1).

Giova avvertire, che se il mezzo resistente esiste, assai probabilmente sarà molto più denso vicino al Sole che non nelle altre regioni del sistema solare. Esso poi, opponendosi al moto della cometa, tende ad accorciarne il percorso e ad avvicinarla al Sole, originando così un moto a spirale che si terminerebbe con una caduta sul Sole.

La scienza nulla sa di simili catastrofi avvenute in scala così grandiosa da rendersi a noi manifeste, nè cosa alcuna può dire per l'avvenire. Certo è che molti milioni di corpuscoli cosmici, quali i nostri bolidi e stelle cadenti, si precipitano, attratti, sull'astro del giorno.

(1) Circa il mezzo resistente cosmico, vedi *Lo spazio celeste* in *Nuova Antologia*, 1892, riprodotto nel libro *In Cielo*, Torino, Bocca, 1897.

Ed ora veniamo a dire alcun che intorno alla grandezza delle comete, alla loro costituzione ed ai fenomeni dei quali son sede, ed ai quali abbiamo già parecchie volte accennato.

VI.

Plinio descrisse dodici forme di comete, differenti per la chioma e la coda, ed Evelio le ha disegnate nella sua *Cometografia*. Il medio evo scorre nelle comete mostri, armi e visi minacciosi ed orrendi; Ambrogio Paré lasciò, nei suoi *Monstres célestes*, un disegno che sintetizza quelle visioni e che contiene un po' di tutto ciò. Oggidì le comete ci si mostrano quali sono, come corpi celesti di curiosa e varia costituzione.

Una cometa consta generalmente di una parte luminosa centrale detta *nucleo*, che è circondata da strati di materia nebulosa formanti la *chioma*; queste due parti assieme costituiscono la *testa* dalla quale si diparte una (talvolta più) appendice detta la *coda*. Il nucleo e la coda non sono parti essenziali della cometa, e molte se ne videro in cui mancavano o l'una o l'altra cosa, od entrambe. Molte comete appaiono sotto forma di semplici ammassi di materia nebulare, più o meno densi e luminosi, e solo il loro moto fra le costellazioni, permette di distinguerle dalle nebulose che fra quelle rimangono fisse. La coda è spesso molto cospicua, semplice o composta di varie diramazioni, e presenta diversità notevoli tanto per l'aspetto come per la lunghezza:

in talune manca affatto, in altre si estende persino ad un terzo del cielo visibile, rendendo manifeste lunghezze di molte centinaia di milioni di chilometri. Talvolta essa è rettilinea, altra volta curva, sempre però diretta dalla parte opposta al Sole, cresce coll'accostarsi della cometa ad esso, scema quando se ne allontana.

Da molti anni non si presentarono più grandi comete. Una delle più belle di questo secolo, e forse l'ultima grande veduta, fu scoperta a Firenze il 2 giugno 1858 dall'astronomo Donati: essa divenne visibile all'occhio nudo in sul principio di settembre, e per sei settimane fu, lucente e meravigliosa, ammirata in Europa. Di poi il suo rapido passaggio all'emisfero meridionale la tolse all'osservazione: ma al Capo di Buona Speranza fu ancora visibile il 4 marzo 1859.

Si disse allora che quella cometa annunciava una grande guerra, ed il presagio s'avverò, e la guerra fu grande e gloriosa per l'Italia che nel 1859 acquistava buona parte delle terre che natura assegnò ai suoi figli. L'astronomo von Asten calcolò l'orbita di questa a noi propizia stella, la trovò ellittica con un periodo di 1879 anni. Stampfer trovò 2138 anni e Lövy 2040: queste discrepanze non debbono meravigliare, data la natura del problema cui vogliono rispondere. Che sarà del nostro bel paese quando la cometa di Donati ritornerà? Certo la famosa guerra dell'indipendenza sarà da secoli obliata, e dei guerrieri che la combatterono sparsa ai venti la polvere e la gloria. È doloroso a dirsi,

di questi fatti nostri così gloriosi e grandi, si va spegnendo il rumore, e persino nelle scuole ben poco se ne dice e di volo.

La cometa Donati apparve dapprima come una debole nebulosa rotonda, circa un decimo, in diametro, della Luna. Si constatò subito che s'accostava al Sole: il 14 agosto spuntò la coda: siccome dovevano passare ancora sei settimane prima che la cometa raggiungesse la sua minima distanza dal Sole, così gli astronomi prevedevano che si sarebbero manifestati curiosi fenomeni; la realtà sorpassò la loro aspettativa. Strani cambiamenti di forma, di luminosità, divisioni della coda, curiosi involucri del nucleo e sviluppo enorme delle sue appendici accompagnarono questa cometa, che rimarrà tipica per la rapidità e grandiosità dei fenomeni presentati. Di simili, più o meno pronunziati, ne presentano tutte le comete, ricche più o meno di chioma o di appendici caudali. La grande opera di Pingré, quella più moderna di Carl, sono ricche di dettagli ed informazioni al riguardo.

I fenomeni presentati dalle comete hanno per lungo tempo imbarazzato gli astronomi, nè ora possono dirsi interamente chiariti.

Gli antichi non ebbero intorno alle comete idee molto esatte, ed è assai naturale, perchè ad essi sfuggivano tutte quelle che per essere viste richiedono l'impiego del cannocchiale. Forse i Caldei, a quanto espone Stobeeo, ebbero idee giuste, non già i Greci nè Aristotile, la cui teoria servì per tanto tempo di base alle fantasticherie

ed alle mistificazioni degli astrologi. Anassagora, Democrito, Seneca s'accostarono a più ragionevoli concetti.

In tempi a noi più vicini, c'imbattiamo nelle teorie di Cardano, cui forse assenti Galileo, di Keplero, di Descartes, di Hewelke, di Newton, di Hook, di Mairan, di Euler, di Whiston ed altri. Quelle più recenti e generalmente adottate furono svolte da Olbers, Bessel, Tyndall, Faye e Bredichin.

Abbiamo già accennato al fatto che nel loro percorso prossimo al Sole, le comete provviste di coda la rivolgono sempre in direzione diametralmente opposta a quella nella quale si trova il Sole, coll'avvicinarsi al quale la coda va svolgendosi, ampliandosi, per poi rimpicciolirsi di nuovo man mano che la cometa se ne allontana. In talune comete poi fu avvertito che il nucleo andava diminuendo di volume col diminuire della sua distanza dal Sole. Riflettendo alla natura tenue e sottile della sostanza che costituisce le comete, si potrebbe a prima vista credere che la cometa volando con gran furia nello spazio, la coda fosse spinta all'indietro, come la pioggia di scintille di un razzo. Questa sarebbe un'analogia veramente sbagliata, giacchè la cometa non si muove, come il razzo, in un'atmosfera che oppone resistenza al suo moto, ma in uno spazio quasi certamente vuoto, o per lo meno di resistenza quasi nulla, e quindi incapace di sospingere la coda in direzione opposta a quella del moto.

L'ingrandirsi poi della coda coll'approssimarsi

della cometa al Sole, non è un'illusione ottica. Si è constatato che lo svilupparsi della coda si fa in proporzioni di molto maggiori a quelle che, data l'esistenza permanente della coda, sarebbero conseguenza ottica della distanza diminuita. Si è quindi indotti a connettere la formazione delle code coll'accostarsi al Sole, e veniamo a trovarci in presenza di un enigma che trova ben scarso riscontro fra gli altri corpi del sistema solare.

La cometa, come un tutto, non è dubbio, è *attratta* dal Sole, al pari di ogni altro corpo celeste; ma non è men certo che una parte di essa, la coda, è *respinta* dal Sole medesimo. È impossibile il dire come ciò avvenga, ma i fatti osservati suggerirono spiegazioni analoghe alla seguente.

Nelle sostanze costituenti la cometa, e che la spettroscopia insegna essere essenzialmente carbonio ed idrogeno, noi abbiamo uno o più ingredienti che danno origine alla coda. Man mano che la cometa si avvicina al Sole, e subisce l'effetto del crescente calore, questi ingredienti, dato pur che fossero solidi, si liquefanno ed indi si vaporizzano.

Giova avvertire che moltissime comete, passando pel loro perielio, sono ad una distanza dal Sole molto minore di quella che separa la nostra Terra dall'astro del giorno; così quelle di Donati e di Halley passarono discosto dal Sole a poco più della metà della distanza media della Terra dal Sole medesimo, mentre altre vi si avvicinano assai di più.

Tra le comete che più si accostarono al Sole è quella del 1843, che è forse la più mirabile apparsa in questo secolo. Il nucleo di questa bellissima cometa passò a circa centocinquanta-mila chilometri dalla superficie del Sole, e forse ha attraversata l'atmosfera d'idrogeno, che le corone negli eclissi solari hanno dimostrato esistere attorno al Sole. Essa il 28 febbraio 1843 era così lucente che fu vista di pieno giorno, a mezzodì, ed ha molto dato da studiare agli astronomi per la sua supposta identità con altre comete precedenti e posteriori. Il calore che subirono la cometa del 1843 e quella di Halley, che di essa passò poco più lontano dal Sole, supera quanto si può supporre, ed è tale da fondere e volatilizzare le rocce, l'agata, il cristallo di rocca.

Man mano poi che si allontanano dal Sole, le comete vanno ognora ricevendo meno calore e raffreddandosi. Quando raggiungono la regione della loro orbita, opposta al Sole, e che per moltissime è lontanissima da quest'astro, esse sono così prive di calore da subire i freddi più rigorosi, e vanno così soggette alle estreme vicende di temperatura. Durham ha espresso il parere che avuto riguardo alle continue e grandi variazioni di temperatura delle comete, producenti in esse, per esseri costituiti come gli uomini, una dimora assai inospitale, esse dovevano con molta probabilità servire di luogo di supplizio pei dannati. Intorno a sì delicata questione solo i teologi, che coi dannati hanno una tal quale

dimestichezza, sono competenti; noi torniamo alla coda delle comete. Ciò non senza aver rammentato che astronomi come Fontenelle e Lambert s'occuparono della questione dell'abitabilità delle comete, allora considerate come corpi solidi. Lambert nelle sue famose *Cosmologische Briefe* lasciò scritto quanto segue:

“ Mi piace figurarmi quegli astri erranti, come popolati da astronomi, che sono là al prefisso scopo di contemplare la natura in grande, come noi la contempliamo solo in piccolo. Il loro mobile osservatorio, trasportato da un sole all'altro, li fa passare successivamente per tutti i punti di vista, e li mette in grado di tutto vedere, di determinare la posizione ed il movimento di tutti questi astri, di misurare le orbite delle comete e dei pianeti che girano intorno ad essi, di sapere come le leggi particolari si risolvano in leggi generali, in breve, di conoscere il dettaglio e l'insieme „. A parte la complicazione senza fine della scienza del cielo per tali astronomi, Lambert, se visse oggi, non scriverebbe più quelle linee.

Adunque le sostanze che compongono le comete, quando queste sono vicino al Sole, si vaporizzano. Ora sembra che tali sostanze, sebbene allo stato solido siano attratte naturalmente dal Sole, convertite poi in vapore estremamente rarefatto, subiscano pel calore del Sole un'azione ripellente, che supera l'attrazione, e di conseguenza spinge quei vapori in direzione opposta al Sole. Noi siamo così condotti a riguardare la

coda delle comete come una corrente di fumo o di vapore sfuggente, e di continuo rinnovata dall'evaporazione di altro materiale, finchè la cometa rimane abbastanza prossima al Sole. La coda non è per nulla trascinata in giro, quando la cometa si muove presso al perielio, perchè quella, sebbene materiale, non consta sempre delle medesime particelle di materia, ma di nuove che di continuo si sostituiscono a quelle sfuggite nello spazio.

Circa la natura della forza ripulsiva, che è pure giocoforza ammettere per spiegare la formazione della coda, nulla si può dire di accertato, malgrado gli studi al riguardo di Olbers, J. Herschel, Bessel, Tyndall, Faye, Zöllner ed altri. Ci soffermeremo alquanto sulle ricerche dell'astronomo russo Bredichin che, assieme ai suggerimenti del professore Osborne Reynolds, ne offrono la spiegazione del fenomeno almeno probabile, ed oggidì più accettabile ed accettata.

Bredichin, seguendo un metodo rigorosamente scientifico, paragonò fra di loro le misure di disegni delle code di molte comete, e da questo esame preliminare ricavò che le foggie curvilinee dei contorni degli schizzi potevano tutte comprendersi in tre tipi speciali. Nel primo tipo abbiamo le code rettilinee in direzione quasi diametralmente opposta al Sole. Appartengono a questo tipo la cometa di Halley, quella del 1744 per quanto concerne la sua coda principale, quelle del 1811, del 1843 e del 1861. La cometa del 1811 ebbe una coda enorme e lasciò il nome al

vino che squisitissimo fu prodotto in quell'anno: quella del 1861, che fu magnifica, fu considerata in Italia ed altrove come presagio di prossimo ritorno di Francesco II Borbone, e della sua restaurazione sul trono delle Due Sicilie, o come presagio pure della morte di Pio Nono e della caduta del potere temporale!!!

Nella seconda classe si vedono code che pur stendendosi dalla parte opposta al Sole, sono incurvate all'indietro in direzione contraria a quella del moto della cometa. La cometa di Donati, della quale già discorremmo, e quella di Coggia, che brillò nel 1874 durante la primavera e l'estate, ne sono esempio. Nelle code del terzo tipo s'incontrano quelle ancora più rivolte dalla parte opposta a quella del moto dell'astro. Esse sono massiccie, a foggia di spazzola, fortemente incurvate, e nelle grandi comete sembrano non ritrovarsi che assieme a tipi delle classi precedenti. Si avverta che le code multiple, vale a dire code di tipi differenti emesse contemporaneamente, si vanno ognor più frequentemente constatando colla più rigorosa ed accurata osservazione. La cometa Cheseaux del 1744 mostrò ben sei code. Bredichin ha dimostrato vera l'idea già invocata da Bessel ed Olbers per spiegare i fenomeni mostrati dalla cometa del 1807, e che Norton e Winnecke avevano applicato alla cometa di Donati, che cioè le code multiple sono composte di differenti sorta di materia, diversamente influenzate dal Sole. Egli trovò con delicate considerazioni che al primo tipo corrisponde

l'idrogeno, al secondo i carburi d'idrogeno, al terzo il ferro ed altre sostanze di un alto peso atomico. Le tre menzionate sorta di materia non sono però le tre sole che si suppongono esistere nelle comete. La teoria di Bredichin si diffuse rapidamente, e dall'epoca della sua pubblicazione (1879) fu con successo studiata sulle comete apparse dopo quell'anno.


La forza più energica di repulsione, conosciuta sulla Terra, è l'elettricità, e naturalmente si congetturò che i fenomeni delle code delle comete potevano essere realmente dovuti alle condizioni elettriche della cometa e del Sole. Si può dimostrare che quando le sostanze cometiche sono evaporizzate dal calore solare, la ripulsione elettrica può eguagliare — ed anche eccedere d'assai — l'attrazione universale, e così produrre i fenomeni osservati.

D'altra parte la ben nota connessione di quelle nubi dette cumuli coi temporali, e l'evidente loro formarsi per la precipitazione del vapore susseguente al freddo prodotto dall'espansione di colonne ascendenti d'aria calda ed umida, sembra lasciar ben poco dubbio, che nella nostra atmosfera la rapida condensazione del vapore sia collegata con manifestazioni elettriche intense, siasi qualsivoglia poi la causa di cosiffatto legame.

Non è pertanto una supposizione forzata quella che la condensazione del vapore emanante dal nucleo di una cometa possa produrre un simile svolgimento di elettricità, e che il Sole sia assai

probabilmente un corpo permanentemente carico di elettricità.

A questo punto la storia delle comete s'intreccia con quella delle stelle cadenti; e l'una non si può finire senza incominciare quella delle altre. Narreremo questa altra volta, e con vivo compiacimento, perchè in essa rifulge di vera gloria il nome di un grande italiano, Giovanni Schiaparelli.



LE STELLE CADENTI

Mentre per l'orbita
Irrequiete
Vola l'incendio
De le comete
E su noi pioveno
Gl'arsi frantumi
Lucidi fumi.

(GUIDO MAZZONI, *Cielo stellato*).

I.

Quale per li seren tranquilli e puri
Discorre ad ora ad or subito foco,
Movendo gli occhi che stavan sicuri.
E pare stella che tramuti loco,
Se non che dalla parte, onde s'accende,
Nulla sen perde, ed esso dura poco (1).

In questi mirabili versi dell'Alighieri è descritto, quasi oserei dire fotografato, quel fenomeno che si presenta all'osservatore del cielo notturno, e che la moderna astronomia indica col nome di *stelle cadenti*. I Francesi le dicono *étoiles filantes*, gli Spagnuoli *estrellas fugaces*, gli Inglesi *shooting stars* (letteralmente *stelle sparanti*), i Tedeschi *Sternschnuppe* con brutto nome che vale

(1) DANTE, *Paradiso*, Canto XV.

smoccolatura di stelle, o con altro meno usato, ma più bello, *Sternputze*, che significa ornamento di stelle. Come ne insegnano i versi di Dante, questo fenomeno non è altro che un punto brillante che si stacca dal cielo, e che dopo aver percorso rapidamente il suo cammino apparente attraverso alle costellazioni, sparisce senza lasciar traccia. Il poeta ne avverte con ragione, che là donde il punto brillante dipartissi, non si scorge mancanza alcuna di stella che prima vi fosse. Il cammino apparente di questi punti risplendenti, che talvolta si lasciano dietro uno strascico luminoso, che in breve ora pure svanisce, è d'ordinario un arco di cerchio massimo della sfera celeste, in qualche raro caso serpeggiante con bruschi cambiamenti di direzione, ed in qualche più rara eccezione rientrando in se stesso.

Dante menziona ancora le stelle cadenti nel Canto quinto del *Purgatorio*:

Vapori accesi non vid'io sì tosto
Di prima notte mai fender sereno,
Nè, sol calando, nuvole d'agosto.

“ Senonchè „, come scrive l'Antonelli, “ ivi pare che specialmente riguardi le principali fra queste meteore, quelle cioè che lasciano luminosa traccia nell'atmosfera „.

Frezzi imitò, certo non migliorandole, quelle similitudini (1481):

la fiamma corrente
Pare una stella che tramuti loco (1).

(1) *Il Quadriregno*, I, 13.

Vapore acceso nel mese d'agosto
Mai non trascorre il ciel tanto veloce (1).

Nel verso:

Nè, Sol calando, nuvole d'agosto,

Dante accenna al fatto che nella prima quindicina d'agosto le notti sono particolarmente ricche di stelle cadenti; ma è curioso ch'egli menzioni particolarmente il tramonto, ora in cui certo se ne vedono poche o punte, giacchè esse sono corpi piccoli e debolmente luminosi. Si propose da taluno di leggere invece:

Nè solca lampo nuvole d'agosto,

ma pare che nessun codice si possa presentare a rincalzo di questa lezione (2). Se si potesse leggere *Sol nascente*, il poeta sarebbe nel vero in ogni cosa, giacchè, come l'osservazione ha dimostrato, le meteore luminose abbondano alquanto più dopo mezzanotte fin verso il levar del Sole.

Il Tasso, alla strofa 20 del Canto ventesimo della *Gerusalemme* così canta delle stelle cadenti:

Come talvolta estiva notte suole
Scoter dal manto suo stella o baleno.

(1) *Il Quadriregno*, IV, 14.

(2) BORGOGNONI nel *Fanfulla della Domenica*, n. 3, II, 1880; POLETO, *Commento della Divina Commedia*, 1894; CONTERNO e PASQUALIGO in *Il Baretti*, periodico torinese, nn. 8 e 9, 1880.

Milton, nel suo *Paradiso perduto*, allude in due occasioni alle stelle cadenti. Nel descrivere la caduta di Mulciber dal cielo, egli dice:

from morn
To noon he fell from noon to dewy eve
A summer's day; and with the setting sun
Dropt from the zenith like a falling star (1).

Il rapido volo dell'arcangelo Uriele dal Sole alla Terra è delineato come segue:

Thither came Uriel, gliding trough the even
On a sunbeam, swift as a shooting star
In autumn thwarts the night, when vapours fired
Impress the air, and shows the mariner
From what point of his compass to beware
Impetuous winds (2).

(1)

rovinò

Da mane a nona, indi da nona a sera,
Tutto un giorno di state, ed al tramonto
Del sol precipitò, pari a cadente
Lucida stella dal zenit spiccata.

(2)

Per l'aer che già s'imbruna, a una cadente
Stella simile, che per l'ampia notte
Scende d'autunno, allor che il ciel s'accende
D'infiammati vapori, ed al nocchiero
Mostra a qual punto della sua fedele
Bussola i venti impetuosi eviti.

(Versione di A. BELLATI).

Questi versi ricordano quelli di Omero:

Quale una stella

Che pertanto a nocchieri, o a numerose
Schiere d'armati scintillante e chiara
Invia talvolta di Saturno il figlio.

(*Iliade*, IV, 91, versione di V. MONTI).

Dello stendardo portato dal cherubino Azazel dice che:

Shone like a meteor streaming to the wind (1).

Milton nei soprascritti versi riferisce la falsa credenza, viva ancora a' suoi tempi, e che Teofrasto, Arato e Bacone avevano confermata colla loro autorità, che cioè le stelle cadenti predicessero venti immediati soffianti da quella regione dalla quale esse sembrano dipartirsi: e che se esse provengono da regioni varie e contrarie, sono foriere di grandi tempeste, di venti e pioggia. Seneca lasciò scritto: *Ventum significat stellarum discurrentium lapsus, et quidem ab ea parte qua erumpit.*

Byron menziona le stelle cadenti nella stupenda e terribile incantazione del *Manfredo*:

And the meteor on the grave

.

When the fallen stars are shooting (2).

Fa cenno poi delle comete al principio della

- (1) Che simile s'avanza a fiammeggiante
Meteora.

(Versione di A. BELLATI).

- (2) Le tombe la meteora lambirà,
.
Quando scintilleran gli astri cadenti.

(Traduzione di DE VIRGILII).

scena iv dell'atto II del *Manfredo* medesimo nell'*Inno degli Spiriti*:

The comets herald trough the crakling skies;
And planets turn to ashes at his wrath (1).

Anche Virgilio, nelle *Georgiche*, tocca di una simile credenza:

Saepe etiam stellas, vento impendente, videbis
Praecipites coelo labi, noctisque per umbram
Flammarum longos a tergo albescere tractus.

Virgilio scrive ancora:

coelo ceu saepe refixa
Transcurreunt, crinemque volantia sidera ducunt;

ed Ovidio:

Volvitur in praeceps, longoque per area tractu
Fertur, ut interdum de coelo stella sereno
Etsi non cecidit, potuit cecidisse videri (2).

Nei tempi moderni si volle ancora far rivivere una indiretta influenza delle stelle cadenti sulle vicende atmosferiche della temperatura, specialmente su taluni abbassamenti di essa, che si

- (1) Nunzie dei passi suoi fra i balenanti
Cieli son le comete, e l'ira sua
In cenere risolve i globi erranti.

(Traduzione di DE VIRGILII).

- (2) È strano che il LEOPARDI, nel suo *Saggio sugli errori popolari degli antichi*, dopo aver citato altri versi di Teocrito, Lucano, Stazio, oltre a quelli riportati nel testo, rimproveri agli antichi di aver creduto che le stelle potessero cadere, mentre essi manifestamente alludevano al reale fenomeno delle stelle cadenti.

verificano nella prima quindicina di febbraio e di maggio. Si volle da taluni con Erman, St-Claire Deville, Folie, che certi sciami di stelle cadenti, passando fra la Terra e il Sole, intercettassero una parte di calore così da produrre un raffreddamento dell'atmosfera ben avvertibile, oltrechè dagl'istrumenti, da uomini, animali e piante.

Vi sono epoche dell'anno nelle quali si osservano più numerose le stelle cadenti; fra queste si segnalano per frequenza i giorni 12, 13, 14 novembre e 10, 11, 12 agosto. Su queste così dette piogge periodiche di stelle dovremo intrattenerci a lungo più innanzi, per ora accontentiamoci di dire che fu calcolato che gli sciami che le producono passano fra noi ed il Sole rispettivamente l'11 maggio ed il 7 febbraio. Ora avviene che verso l'11 di maggio, e quasi precisamente nei giorni 10, 11, 12, 13, si verifica in Europa al nord delle Alpi un abbassamento di temperatura notevolissimo e ben accertato. Per ciò quei giorni nei quali ricorrono i santi Mamerto, Pancrazio, Servadio e Bonifazio, vengono chiamati i *Santi di ghiaccio* (*Eisheiligen*) od anche i *gestrengene Herren* (rigidi signori) ed in Francia *les trois Saints de glace*. In Italia non hanno quei giorni denominazioni caratteristiche, forse perchè il freddo in essi non fu mai avvertito, come pare confermino alcune moderne indagini. In maggio un ritorno al freddo riesce dannosissimo alla vegetazione, e nella vitifera valle del Reno, ove esso è tanto temuto, quei santi detti *Eismänner* (uomini di ghiaccio) por-

tano il poco lusinghiero nomignolo di *Weinverderber* (distruttori della vite). Federico II non ci credeva: egli aveva una stupenda raccolta di agrumi nel suo castello di Sans-souci, e per non aver dato retta al suo giardiniere, che di quei Santi conosceva bene la funesta influenza, la perdette. Ora i *Santi di ghiaccio* sono spiegati bene colle leggi generali dei movimenti dell'atmosfera, ed è provato che le stelle cadenti nulla hanno a che fare con essi. Circa l'anomalia di febbraio, non bene accertata, si giungerà certo ad una analoga conclusione.

Le stelle cadenti si presentano tutte le notti in discreto numero, numero però che varia fino a divenire grandissimo e tale da costituire una vera pioggia di fuoco, il ritornar della quale ad epoche fisse costituì fino ad una quarantina d'anni fa un serio problema astronomico. La soluzione di esso è dovuta a G. V. Schiaparelli; egli, dimostrando la connessione delle stelle cadenti colle comete, le assoggettò alle leggi della meccanica celeste, alle quali, per molto tempo, si era dubitato ubbidissero. Le più antiche osservazioni che si posseggono sulle stelle cadenti sono le cinesi. Gli osservatori del Celeste Impero hanno conservato e tramandato nei loro annali descrizioni di questi fenomeni, notando l'epoca nella quale succedevano. Da quegli annali si potè ricavare la periodicità di taluna di quelle apparizioni. Le raccolte cinesi cominciano coll'anno 687 dell'era volgare e si continuano anch'oggi dagli astronomi della Corte di Pekino, i quali compongono

il famoso tribunale di matematiche che, a vigilare sulle sorti dell'Impero, mantiene costantemente due de' suoi membri ad investigare se nulla di ostile si presenta in cielo. Queste osservazioni chinesi, che furono raccolte da Biot, giungono fino al 1647; le posteriori non sono ancora pubblicate, vietando un uso antichissimo della China di rendere pubblici gli annali di una dinastia prima ch'essa sia estinta o decaduta dal trono. Ben scarsa notizia ci offre, per contro, l'antichità greca e romana sulle apparizioni di stelle cadenti, ed a mala pena, dalle descrizioni di prodigi che leggonsi in Livio ed in Giulio Obsequente, si può dubitare che si tratti di esse. Le cronache del medio evo e gli scritti arabi sono pieni di accenni e di descrizioni di piogge di stelle, e parecchi eruditi astronomi ricavarono da essi copiosi cataloghi di apparizioni meteoriche. Nè, come si può pensare, andavano questi fenomeni straordinari scompagnati da pregiudizi degli uomini, che anzi venivano riputati tristi presagi di sventure e di flagelli. Una tradizione antica degli oracoli sibillini, conservata dal Cristianesimo, portava che doveva la fine del mondo essere accompagnata dalla caduta delle stelle. A ciò accenna uno storico di Bisanzio, narrando come nell'inverno dal 762 al 763, essendo l'anno ventesimoterzo del regno di Costantino Copronimo, il mar Nero gelasse tutto, e soggiunge: " Nel marzo successivo apparvero nel cielo cadere le stelle, e tutti che le videro credettero giunta la consumazione dei secoli „.

Nei tempi andati, in Europa, le stelle cadenti si ritenevano essere le anime dei morti, il cui filo d'esistenza veniva tagliato dal destino. Gli Arabi pensavano invece che esse fossero pietre fiammeggianti lanciate dagli angeli sul capo ai diavoli, quando questi s'accostavano troppo al cielo. Il Corano riproduce e consacra, in certa maniera, questa opinione che si trova sparsa in tutte le regioni sottoposte all'influenza dell'islamismo. Più grossolane credenze troviamo presso i popoli selvaggi. Gli Indiani dell'Orenoco vedono in quelle fugaci apparizioni l'orina delle stelle, mentre la rugiada proviene dalle gocce della loro saliva: gli Uti del gran bacino dell'America settentrionale ne fanno le deiezioni degli Dei. Vige tuttodì in Galizia una poetica leggenda che vuole risieda in ogni stella cadente un folletto; se la stella cade a terra, il folletto si trasforma in donna di rara bellezza, che appellasi *Letawitza*, con lunghi capelli biondi e scintillanti. La bella creatura esercita su tutti che la guardano un fascino magico; nella notte poi, quando tutto tace, li abbraccia, li abbraccia ancora, finchè li soffoca nei suoi amplessi. Una certa formola mormorata al momento in cui la stella s'accende scongiura il pericolo. Così ancora oggidì fra noi si va dicendo, che se si esprime un desiderio tra l'accendersi e lo spegnersi d'una stella cadente, il desiderio sarà soddisfatto.

Pur quante volte dal terrazzo al mare, seguendo coll'occhio tuo di gazzella il cammino celeste di quei lucenti fuochi, implorasti, dolce Evelina, pace!

pace! Invano, invano, poi che è fatale che ovunque,
sempre, sia degli uomini crudel retaggio il pianto.

Porgi a' miei detti ascolto:
Questo servaggio non finisce mai.
Non morrai non morrai, nè poserai
Poco nè molto.
Morir posar t'è tolto:
Eternamente con vece infinita,
Di forma in forma e d'una in altra vita,
Andrai travolto (1).

II.

Si è già accennato di volo al fatto che il numero delle stelle cadenti che si noverano in certe notti dell'anno è assai maggiore che non nelle altre; tali sono ad esempio le notti del 10 agosto e del 14 novembre in particolar modo. L'apparizione del mese d'agosto dura parecchi giorni ed ha il suo massimo verso il 10, quella di novembre verso il mattino del 14. Giovanni Pascoli ha nelle sue *Myricae* una mirabile poesia intitolata *X agosto*, nella quale la prima e l'ultima strofa accennano alle stelle cadenti d'agosto:

San Lorenzo, io lo so perchè tanto
di stelle per l'aria tranquilla
arde e cade, perchè sì gran pianto
nel concavo cielo sfavilla.

.

E tu, Cielo da l'alto dei mondi
sereno, infinito, immortale,
oh! d'un pianto di stelle lo inondi
questo atomo opaco del male.

(1) ARTURO GRAF, *Ascolta*.

Questi massimi si osservano tutti gli anni, ma la intensità stessa del fenomeno a quelle date è soggetta ad una certa periodicità. Il più rimarchevole fra i ritorni di piogge di stelle è quello di novembre, e per esso i calcoli del professor Newton danno con molta certezza un massimo ogni trentatrè anni e un quarto: l'ultimo di tali massimi fu osservato nel 1866, il prossimo era dunque da aspettarsi per la fine del 1899.

La pioggia di novembre è accompagnata nel suo percorso celeste da una piccola cometa, scoperta in Italia da un astronomo tedesco, Tempel, undici mesi avanti la corrispondente pioggia di stelle cadenti (13-14 novembre 1866). Quando la cometa venne l'ultima volta nelle vicinanze del Sole, passò a circa quindici milioni di chilometri di distanza da noi.

Un famoso *profeta del tempo* (*Wetter Prophet*), Rodolfo Falb, ha annunciato che il 13 novembre 1899, fra le 2 e le 5 del mattino (ignorasi di qual tempo), la Terra si sarebbe urtata colla cometa di Tempel, e ne sarebbe andata distrutta. Falb aggiunse con avvedutezza che se quell'urto non avesse a succedere, e non successe, noi avremmo assistito quella mattina ad una pioggia di stelle cadenti così fitta, come finora non si vide mai, e nulla si vide. Abbiamo già svolto altra volta quanto riguarda l'insussistenza del pericolo di una collisione fra una cometa e la Terra, ma giova tornarvi sopra perchè il concetto ha più tenaci radici, che non meriti. Interpellato da un giornalista tedesco sulla probabi-

lità dell'avverarsi della profezia di Falb, il nostro Schiaparelli rispose colla seguente lettera:

Milano, 31 dicembre 1893.

Forse il sig. Falb avrà qualche documento a me sconosciuto, sul quale avrà appoggiato la sua predizione: quello che a me risulta è quanto segue.

Per mezzo di diligenti calcoli sono state determinate con molta accuratezza dagli astronomi la *forma* e la *posizione* della curva che la cometa del 1866 descrive nelle regioni più vicine al Sole, e quindi anche quella parte di essa curva che più si avvicina all'orbita della Terra. Se quindi si conoscesse esattamente anche il *tempo* in cui la cometa (che deve ritornare nel 1899) arriverà ad un dato punto della curva anzidetta, sarebbe certamente possibile determinare se la cometa incontrerà la Terra, e dato che l'incontro avvenga, determinare con qualche approssimazione le circostanze di tale incontro.

Ma il *tempo* in cui la cometa arriverà a un dato punto della sua orbita, *non si può conoscere esattamente* in questo caso particolare: per la semplice ragione che non si conosce ancora esattamente la durata della sua rivoluzione intorno al Sole: si sa soltanto che tale durata è di trentatrè anni ed alcuni mesi. L'incertezza residua in questo caso ammonta a molti giorni, forse ad un mese intero. Io non vedo come il signor Falb abbia potuto superare questa difficoltà.

Dato pure che l'orbita della cometa tocchi quella della Terra in un punto che chiameremo il *nodo*, è manifesto che i due corpi potranno urtarsi solo a patto di arrivare al nodo nel *medesimo momento*. Un solo giorno di ritardo da parte della cometa o della Terra basterà a far sì che i due astri non s'incontrino più. Ora, poichè non conosciamo esattamente l'epoca nella quale la cometa arriverà al nodo (e le incertezze importano, come

si è detto, giorni e settimane), come è possibile affermare che i due corpi s'incontreranno nell'anno 1899?

Si può aspettare che in quell'anno la Terra s'immerga nella corrente meteorica che, come sappiamo, accompagna quella cometa. Questa corrente è realmente assai lunga e l'incontro può avvenire in un punto o in un altro di essa. La serie di corpuscoli che costituisce la corrente, impiega molti mesi a passare pel nodo successivamente con tutte le sue parti; tale passaggio sembra durare molti mesi e anche più d'un anno. Arrivando dunque la Terra al nodo, è, se non certo, almeno probabile, che essa incontri qualche punto della corrente medesima. Ma l'incontro della Terra con la cometa propriamente detta è tutt'altra questione. Se nell'anno 1899 la cometa sarà osservata con molta diligenza, gli astronomi potranno determinare con maggiore esattezza la durata della sua rivoluzione intorno al Sole. Durante le successive apparizioni della cometa si potrà calcolare questo tempo con precisione sempre crescente ed in seguito a ciò giungere a stabilire la possibilità di un incontro con la Terra. *Attualmente ciò non si può, a mio giudizio almeno coi documenti che sono a mia conoscenza.*

Suo dev.mo

G. SCHIAPARELLI.

Anche gli astronomi Weiss di Vienna, e Forster di Berlino, espressero circa la profezia di Falb opinioni che concordano con quelle manifestate nella lettera testè trascritta, ritenendo assai poco probabile, se non improbabilissimo, l'incontro della Terra con la cometa di Tempel, come già fu dimostrato e provato dai fatti.

Per l'apparizione d'agosto pare si abbia una fase di massimo ogni cento o centodieci anni. Vi sono però anche molte altre epoche dell'anno

nelle quali il numero delle stelle cadenti è per un attento osservatore alquanto maggiore che non nelle altre. L'*Annuaire du bureau des longitudes* ne dà ogni anno un completo elenco, al pari dell'insuperato almanacco inglese di Witaker, ed, in proporzioni troppo ridotte, del nostro *Almanacco italiano*.

In ogni pioggia di stelle si constata che tutte le loro traiettorie (il percorso) divergono da uno stesso punto del cielo o almeno da una plaga ristretta di esso, verso tutte le direzioni: questa plaga, che dicesi *radiante*, segue la sfera celeste nel suo moto diurno. I sovraindicati elenchi di piogge di stelle contengono anche i dati di posizione di questi radianti fra le stelle.

L'esistenza del punto radiante è un effetto di prospettiva. I filari d'alberi che fiancheggiano un lungo viale sembrano divergere da un medesimo punto, così è dei limiti di una lunga strada diritta. In un *tunnel* i filari di pietra delle pareti appaiono pure divergere da un punto medesimo, le linee della volta sembrano salire, quelle del suolo discendere, ed i fianchi scostarsi orizzontalmente verso la destra e la sinistra, di guisa che se essi fossero percorsi da proiettili luminosi, si crederebbe questi provenire dal punto di vista prospettico e diramare in tutti i sensi. È così che si spiega il fenomeno del punto radiante delle stelle cadenti: ma è un effetto complesso, proveniente e dai movimenti della Terra e da quello dei corpuscoli.

Un viaggiatore che si trovi in un carrozzone

di ferrovia fermo vede cadere verticalmente le gocce di pioggia; se il treno s'incammina le gocce gli sembrano cadere obliquamente; così egli vede passarsi davanti gli oggetti immobili che incontra man mano, ed essi gli sembrano muoversi venendo dal punto verso il quale invece cammina egli stesso. Così quel viaggiatore guardando le nubi che camminano in un altro senso, attribuisce loro una direzione di movimento che non hanno, e che risulta dalla combinazione della loro velocità e della sua; e se egli stesse fermo vedrebbe quelle nubi muoversi divergendo dal loro punto prospettico di vista o punto radiante.

Se il punto radiante di una pioggia di stelle stesse fermo, mentre la Terra cammina sulla sua orbita, esso sarebbe nella costellazione verso la quale si dirige la Terra in quel momento; ora ciò non succede, il punto dal quale sembrano dipartire le stelle cadenti è un altro, quindi la pioggia, lo sciame di stelle che la produce, cammina.

Il radiante si trova per le meteore del 10 agosto fra le costellazioni di *Perseo* e *Cassiopea*, esse sono dette *Perseidi*; e poichè il 10 agosto ricorre la festa di san Lorenzo, quelle meteore sono anche chiamate *Lacrime di san Lorenzo*, che, poveretto, morì, come si sa, arrostito sopra una graticola rovente.

Per le meteore di novembre il radiante si trova nella costellazione del *Leone*, donde il nome di *Leoneidi* che vien dato loro.

Schiaparelli stima il numero dei radianti del cielo intiero di circa 1500; il Kleiber, dalle osservazioni, ne aveva nel 1884 dato un elenco di 1490 osservati in 26.049 giorni. Nel 1889 l'astronomo inglese F. Denning, instancabile osservatore di stelle cadenti, tracciò le orbite apparenti di 9177 stelle cadenti, e ne dedusse l'esistenza di 918 centri di emanazione o punti radianti. Questo astronomo inglese sostiene che di ben 3000 sia il numero dei punti radianti osservati; ma molti di essi non sono determinati che da troppo poche osservazioni. Nell'emisfero celeste australe, pochissimi sono i radianti noti, dedotti da Heis dalle osservazioni di Neumayer.

L'esistenza di un radiante che partecipa al moto diurno della sfera celeste, assieme al ritorno ad epoche fisse, ci vieta assolutamente ogni teoria che cercasse di attribuire il fenomeno a causa siedente nell'atmosfera terrestre, assieme al ritorno ad epoche fisse, constatato oramai per quasi tutti i punti radianti ben determinati e più spiccati e conspicui, come era venuto in capo di fare ad astronomi di tempi antichi, ed anche moderni, non troppo curanti della realtà e delle osservazioni.

Le stelle cadenti non sono visibili negli spazi planetari o lunari, e non si accendono che nelle regioni più elevate dell'atmosfera, ad altezze che variano fra un massimo di 200 ed un minimo di 50 chilometri. Le velocità loro sono comprese fra 70 e 16 chilometri al minuto secondo: le meteore di novembre sono assai più rapide di

quelle d'agosto. La sostanza onde si compongono le stelle cadenti è compatta e solida, ed il loro peso in generale non eccede frazioni di gramma, solo in qualche raro caso potendo salire a quello di alcuni grammi. Questi risultati che si enunciano così facilmente e brevemente sono il risultato di lunghe e numerose osservazioni e di calcoli complicati e minuti. Per la resistenza che l'aria oppone al moto rapidissimo di quei corpuscoli, s'ingenera calore tale da produrre il loro infiammarsi: la qual combustione vuol quindi ritenersi come origine della luce che le meteore ci mostrano. A codesta luce fu applicato il potente mezzo dell'analisi spettrale: essa mostrò nelle stelle cadenti la presenza del sodio, del magnesio e del ferro.

Le meteore d'agosto diversificano in colore da quelle di novembre, ed in questa, come in tutte le apparizioni dell'anno, si vedono stelle di varia grandezza e tinta, dipendenti dalla predominanza in ciascuna di una piuttosto che di un'altra sostanza.

III.

Le piogge di stelle, lo vedemmo, sono prodotte da sciami di corpuscoli che si muovono nello spazio. Ora, siccome le dette piogge si ripetono, con maggiore o minore intensità, ogni anno all'epoca medesima, vale a dire quando la Terra si trova nel punto stesso della sua orbita, così bisogna che in quel tempo ed in quel luogo

si trovino sempre nuovi corpuscoli. Ciò non si può spiegare che ammettendo che nello spazio esistano correnti lunghissime di simili corpuscoli, che intersecano in vari punti l'orbita terrestre, producendo così le varie piogge meteoriche dell'anno. Esse saranno più o meno abbondanti a seconda della maggiore o minore ricchezza in corpuscoli delle varie correnti nei loro vari punti. E siccome ogni notte, e da tutte le direzioni, cadono stelle, così si conchiude che lo spazio interplanetario è percorso in ogni senso da cotali correnti di corpuscoli cosmici. E poichè il fenomeno delle stelle cadenti si è sempre osservato, accade oggi come molti secoli fa, e poichè la Terra segue il Sole nel suo movimento per lo spazio stellato, così se ne deduce che la medesima cosa avviene per tutte le regioni dello spazio attraversate fino ai giorni nostri dal sistema solare. Ossia, per meglio dire, che quelle correnti appartengono al sistema solare e lo seguono nel suo movimento attraverso alle costellazioni; non escludendo la supposizione che anche nello spazio esistano innumerevoli corpuscoli erranti.

Ognuna delle innumerevoli particelle costituenti ciascuna di quelle correnti, è come un minuscolo pianeta; attratta dal Sole essa descrive attorno ad esso un'orbita ellittica, e lo segue nel suo immenso percorso nello spazio celeste, ed il corpuscolo che la precede e quelli che la seguono fanno altrettanto. Così quegli ammassi cosmici sono correnti, fiumi di particelle materiali, eternamente trascinati nello spazio come tutti gli

astri e soggetti alle leggi medesime. Così siamo giunti ad una conclusione certa e mirabile. Bisogna immaginare nello spazio che circonda l'astro del giorno, fino all'estremo limite del sistema solare, tracciate innumerevoli strade, fra loro intersecantisi e non, come tante piste ellittiche di campi di corsa, sulle quali circolano in perpetua processione le particelle cosmiche delle diverse correnti, perseguitandosi senza raggiungersi mai; accelerando il loro andare al perielio, rallentandolo all'afelio, e dando contezza di loro esistenza, bruciando nella nostra atmosfera, quando l'attrazione della Terra ve le conduce.

Come cadono sulla Terra quei corpuscoli cosmici in numero enorme, così ne cadono su tutti gli altri pianeti, sui loro satelliti, sulla Luna, sul Sole.

Un osservatore che guardi il cielo con libero orizzonte vede nelle notti ordinarie da 15 a 20 stelle cadenti in un'ora: ciò ben inteso per quelle che si scorgono ad occhio nudo. Se si potesse osservare con un cannocchiale che ingrandisse solo sessanta volte, se ne vedrebbero duecento sessanta volte di più, e facendo la somma per tutto l'anno e per tutta la Terra, si arriva al totale rispettabile di circa sessanta miliardi. In confronto delle dimensioni del sistema solare la Terra è una piccolissima particella; si può quindi giudicare della liberalità colla quale furono seminati nello spazio quei corpuscoli cosmici.

A queste stelle cadenti periodiche e non (spo-

radiche) conviene aggiungere quelle pietre che tratto tratto cadono dal cielo sulla Terra e che son dette bolidi od areoliti.

Così la nostra Terra è, al pari di tutti gli altri corpi del sistema solare, continuamente bombardata da una pioggia incessante di corpi grandi e piccoli. È evidente che il suo volume e la sua massa ne sono accresciuti. Fu calcolato (Scluvédof) che, da venti secoli, l'aumento di massa accennato è affatto insignificante, e non può per nulla avere influito sulla durata della rotazione terrestre attorno al proprio asse.

Lo stato attuale della scienza non permette di sapere se l'urto delle stelle cadenti e dei bolidi abbia avuto sui moti terrestri qualche influenza.

Nell'ipotesi però che il fenomeno delle stelle cadenti sia sempre durato con uguale intensità, non è assurdo il pensare, che nei milioni d'anni, di sua vita cosmica, la massa terrestre, non siasi per esso notevolmente accresciuta.

L'ipotesi però della costante intensità del fenomeno, non è ammissibile, e per un dato sciame è invece quasi certo che essa fu altravolta generalmente più cospicua, e che va facendosi minore col tempo. Ciò pur tenendo conto di una divarietà di densità sulla lunghezza della corrente, che può produrre casualmente piogge più abbondanti o più scarse. È perciò importantissima la costante e continua numerazione delle stelle cadenti, essa sola c'insegnerà, col tempo, se il fenomeno vada realmente perdendo di ricchezza e con qual legge.

Quando una stella cadente brucia nell'aria, gli avanzi della combustione rimangono nell'aria ed il pulviscolo atmosferico ne porta non dubbie tracce.

IV.

Ma dal cielo cadono talvolta delle vere pietre di dimensioni non piccole. Diciamo poche cose, le essenziali, intorno a queste; ritorneremo poi alle comete, dalle quali ci siamo allontanati assai meno di quanto possa sembrare al cortese lettore, che ebbe la pazienza di seguirci fin qui.

La Bibbia menziona in modo un po' confuso delle pietre cadute dal cielo nel capo X, verso 11 del libro di Giosuè:

E mentre fuggivano dinnanzi a Israele, ed erano sulla scesa di Bethoron, il Signore gittò sopra di loro dal cielo delle pietre grosse, infino ad Azeca; onde essi morirono. Più furono quelli che furono morti dalle pietre della gragnuola, che quelli che i figliuoli d'Israele uccisero con la spada.

Anassagora nel quinto secolo prima di Cristo riconosceva già alle pietre che cadono dal cielo un'origine non terrestre. Mentre Lalande nel 1792 scriveva ancora delle stelle cadenti:

L'athmosphère est toujours chargée d'exhalaisons, de vapeurs, de nuages aqueux ou de feux électriques; de là naissent une multitude de météores, et surtout ces feux que l'on prend quelquefois pour des étoiles tombantes, mais qui ne sont que des exhalaisons légères, dont la lumière ne dure qu'un instant: quand elles sont près de nous, ce sont des globes de feu qui paraissent étonnants!

Plutarco parlando di un aerolito caduto nell'anno 461 a. C. dice che questi globi vengono dall'interno del nostro globo, opinione tenuta da Plinio. È curioso l'avvertire a questo riguardo che molti geologi ritengono che quella specie di pietre celesti, dette areoliti, perchè più particolarmente pietrose, rappresentano fra i materiali cosmici rocce equivalenti a quelle della superficie terrestre, mentre quelle chiamate ferri meteorici, perchè contengono in abbondanza il ferro sempre associato al nichel, rappresentano gli elementi che prevalgono nell'interno del nostro pianeta. Questo modo di vedere, pare confermato e dal valore della densità media della Terra, e dai fenomeni del magnetismo terrestre. Più curioso ancora è che un astronomo di altissimo valore, Robert Stawel Ball, ritiene come molto probabile l'origine terrestre di talune specie di pietre celesti. Questa opinione era già stata emessa dal sommo matematico Lagrange e di recente ripresa e sostenuta da Tisserand, insigne astronomo francese; ma questi studi erano più teorici che altro. Le pietre che cadono dal cielo, o meteoriti, secondo Ball, le cui idee furono seguite dall'acutissimo Proctor, sarebbero state eruttate da vulcani terrestri in tempo in cui l'attività vulcanica del nostro mondo picciotto era enormemente più grande di quanto non sia presentemente. Queste masse, lanciate con una forza enorme, avrebbero attraversato l'atmosfera vincendone la resistenza, sarebbero sfuggite all'attrazione terrestre e avrebbero assunto un moto

ellittico attorno al Sole (talune forse moventisi in orbite iperboliche si sarebbero dipartite per sempre anche da questo), passando ogni volta per il punto dell'orbita terrestre dal quale si dipartirono. E sarebbe in questi passaggi che esse sarebbero riprese, in date occorrenze, dalla Terra. Così sarebbero riconfermate le vedute di Anasagora e Plinio fatte rivivere nei tempi moderni da Tschermak.

Fu discusso ed esaminato se gli areoliti non potessero provenire da altri pianeti, e si trovò ciò poco probabile. Laplace e Poisson emisero l'idea che quelle pietre celesti avessero potuto essere eruttate da antichi vulcani lunari: Plana fece vedere che se ciò non è impossibile, è per lo meno molto improbabile. L'opinione che gli areoliti potessero provenire dalla Luna, fu per la prima volta emessa da un fisico italiano, Paolo Maria Terzago, che nel 1664 scriveva: " Ni dicere velimus, Lunam Terram alteram, sive mundum esse, ex cuius montibus divisa frusta in inferiorem nostrum hunc orbem delabantur ..

Tale concetto fu ripreso da Olbers nel 1795, e, come avverte Schulhof, non è del tutto abbandonato oggidì.

Stanislao Meunier vuole che i meteoriti siano frantumi di un corpo notevole simile alla Terra, avente vere epoche geologiche, e che questo corpo si sia spezzato in frammenti, sotto l'azione di cause non esattamente accertabili, ma che vediamo in azione in altri corpi celesti. Egli vede negli asteroidi e nella costituzione della Terra,

della Luna e degli altri pianeti indizi in appoggio delle sue idee, che concludono ad un frantumarsi dei corpi del sistema solare. Altro che l'Italia *in pillole*, s'avrebbe il mondo in pillole!

Se veri sono i pensamenti di Ball, la Terra viene riacquistando quanto perdette nel passato, e poichè quasi sicuramente ora e pel futuro non perderà neppure una particella della materia onde consta, così la sua massa andrà continuamente, sebbene lentissimamente, aumentando. Fino a quando?

Riedono forse quei ferrei macigni alla natal lor Terra, peregrini dello spazio tornano a posare ove nacquero, in fondo al mare, sulla faccia del nostro orbe o nelle vetrine d'un museo. Ma più non tornan fra noi gli adorati estinti, e il bel tempo non torna della fiorente vigorosa gioventù!

Nei terreni antichi della crosta terrestre furono ritrovati degli areoliti, detti perciò fossili. Basti qui il rammentare l'esistenza di questi fossili, ed il rammentare che i più antichi incontrati fin qui sono le tre pietre del terreno carbonifero del Lancashire, descritte da Binney nel 1851.

Sulla vera origine dei meteoriti, l'ultima parola non è detta, e molto mistero avvolge ancora la loro provenienza.

Oltre ai grandi meteoriti, la polvere che proviene dalle stelle cadenti deve piovere inavvertita sulla Terra. L'evidenza di ciò è preponderante.

La neve incontaminata e vergine delle regioni polari fu spesso trovata macchiata con tracce di pulviscolo che contiene particelle di ferro.

Simili particelle si trovano sui campanili delle chiese e sotto molte varie circostanze. E certamente fra i minuti corpuscoli che danzano nel raggio di Sole che attraversa la camera buia, v'hanno particelle di stelle cadenti. Le sabbie dei deserti dell'Africa esaminate al microscopio presentano tracce di piccolissime particelle di ferro, che mostrano di aver subìta un'elevata temperatura.

Negli scandagli che la nave inglese *Challenger* fece nell'Atlantico durante il suo mai sempre memorabile viaggio, furono estratti dal fondo del mare masse di fango, contenenti frammenti di ferro magnetico, che si ha ogni ragione per credere caduti dal cielo. Forse che quei ferri pietrosi, quel magnetico pulviscolo hanno detto al mare il segreto di loro peregrinazioni, e il mistero ad esso hanno raccontato dello spazio donde provengono? Forse che hanno detto al muggente impassibile mare se anche lassù si odia e si ama, si soffre e si spera?

Io, signor, non avrei pari in dottrina
Se potessi saper quel che sa il mare (1).

Pochi anni or sono, nel 1887, furono trovati dei piccoli diamanti nelle pietre meteoriche, nel 1892 si rinvennero diamanti in un ferro meteorico raccolto nell'Arizona, ciò confermò l'affermazione di Meydenbauer che nei meteoriti in genere si possono presentare diamanti. Meyden-

(1) ARTURO GRAF, *Affogata*.

bauer nel 1875 emise l'idea che i diamanti fossero di origine cosmica, e che si siano originati nelle più remote epoche della Terra, od anche caduti dal cielo come meteoriti. Il chimico inglese Ramsay ha di recente constatato in un meteorite la presenza dell'argon, corpo da lui scoperto pochi anni sono, e dell'elio, altro corpo che la spettroscopia ci insegnò esistere nel Sole e che fino a poco tempo fa non erasi riscontrato sulla Terra, ove lo fu, non è guari, in taluni minerali rarissimi.

L'esistenza negli areoliti di corpi entranti nella composizione chimica dei corpi organizzati ha dato luogo a curiose ipotesi sulla origine della vita. W. Thomson (ora Lord Kelvin) e O. Richter hanno visto negli areoliti i disseminatori dei germi della vita nell'universo e sulla Terra.

Se questa assai fantasiosa ipotesi fosse vera, il culto e l'adorazione tributati anche oggi da molti popoli del mondo agli areoliti sarebbero non del tutto assurdi, e di essi gli areoliti furono la prima causa. Il mistero della loro origine e provenienza, che si può dire giustamente celeste, fece sorgere senza fallo i più strani pensieri nei primi testimoni di queste cadute straordinarie. Non erano forse degli Dei che venivano così sulla Terra? *Katsiou*, che significa areolita, era il Dio degli Aramei dell'Haouran. I Fenici chiamavano queste pietre *beith-el* che in loro lingua significava *dimora di Dio* e si è di là, dicesi, che i Greci hanno dedotto la parola *betile* pietra sacra. Gli areoliti erano depositati negli edificî consa-

erati al culto. Forse si adorava un areolito nella pietra Melkarth, l'Ercole di Tiro, nel grande e splendido tempio di quella famosa città. Erodiano dice che la pietra del tempio del Sole in Siria era di certo caduta dal cielo. La descrizione di quella che rappresentava il dio Marte, a Petra in Arabia, s'attaglierebbe mirabilmente pel colore, che era nero, ad una pietra celeste. Per i diamanti contenuti nei meteoriti ed il culto di questi sono molto istruttivi due lavori dovuti rispettivamente a Crookes (1) ed al prof. Hubert R. Newton (2).

Fra le cose preziose che Verre esportò dalla Sicilia era la pietra che rappresentava Cerere, nel tempio di questa dea a Catania. Una venerazione particolarissima tributavasi a questo oggetto sacro, perchè la tradizione voleva che fosse un giorno caduto dal cielo. Lo scudo di Numa Pompilio e la spada di Antar in Mongolia erano fatti con pietre metalliche cadute dal cielo. La *pietra nera* della Kaaba alla tomba di Maometto alla Mecca, oggetto di tanto sacro rispetto, è un areolito. Ma il curioso si è che l'uso di depositare gli areoliti nei santuari si è mantenuto attraverso i tempi, malgrado tutti i cambiamenti d'abitudini e di religione.

Il celebre meteorite caduto davanti a Massimiliano I nel 1492 ad Ensisheim in Alsazia, fu collocato nella chiesa del villaggio. La pietra

(1) *Nature* (Inglese), 1897.

(2) *Nature* (Inglese), agosto 1897.

rimase in quella chiesa per tre secoli, fino a che durante la Rivoluzione francese fu trasportata a Colmar, e se ne ruppero dei pezzi, uno dei quali fu trasportato al British Museum in Londra. Fortunatamente quell'interessante oggetto è stato riportato nella chiesa di Ensisheim, dove è una vera curiosità pel visitatore. Alcuni autori raccontano, che l'areolito caduto a Vago (?) il 19 giugno 1688, fu legato con una catena in una chiesa di Verona. Avverto che l'accuratissimo Baedeker non fa cenno di tale curiosità. Assai probabilmente esso è uno dei pezzi di meteoriti caduti in quel di Verona, comune di Caldiero, alla detta data, giacchè è a sapersi che talvolta i meteoriti cadono in forma di frammenti, o, come dicevano gli antichi, che ne menzionano parecchi, di pioggia di pietre. I bolidi, quei grossi globi luminosi che solcano talvolta il cielo, con uno strascico grande e lucente, scoppiando possono originare di tali piogge.

Oggidì i meteoriti non si depositano più nelle chiese, ma nelle collezioni e nei musei di mineralogia, ove se ne ammirano di quelli del peso di molti miriagrammi. Il dott. Brezina ha dato di recente un catalogo dei principali.

Il 17 maggio 1791, presso Castelnuovo Berardenga nel Senese, avvenne una *pioggia di sassi*, la cui storia fu scritta dal monaco naturalista Ambrogio Soldano. Il prof. Bombicci compilò nel 1875 un elenco di 34 cadute di areoliti verificatesi in Italia, i cui musei ne posseggono ricche ed interessanti raccolte.

Aleardi si giovò dei bolidi ed areoliti con una geniale trovata nei versi seguenti:

AD UNA FANCIULLA.

Ti vidi, Olga, brillar ne la divina
Integrità de le virginee forme:
Ma venne il dì de la fatal rapina
Che amore ardisce sul pudor che dorme.
Vidi un bolido splendere una sera
Bello che innamorava ogni pupilla;
Quando il raccolsi, era una cosa nera
Tinta di ferro, e sordida d'argilla.

V.

All'apparire di una stella cadente in cielo, al luccicar di quell'astro fuggente, al suo rapido svanire, la mente si domanda che sia, donde venga, ove sia diretta, e perchè in quella piuttosto che in altra direzione sì ratta cammini. Per rispondere a queste domande furono immaginate molte teorie; la più recente di esse è dovuta a G. V. Schiaparelli; nello stato attuale della scienza, essa sembra spiegar meglio di tutte le altre i fatti osservati.

Dalla più remota antichità, e quasi sino ai tempi moderni, le stelle cadenti vennero considerate come un fenomeno dell'atmosfera terrestre. Solo Diogene da Apollonia fa eccezione. Egli afferma che esistono delle stelle invisibili che s'infiammano e si spengono, cadendo sulla Terra; come l'enorme pietra la cui caduta, osservata ad

Egos Potamos, quasi nell'anno (469 a. C.) della nascita di Socrate, destò in tutta la Grecia meraviglia grandissima. Diogene Laerzio e Plinio attribuiscono ad Anassagora da Clazomene l'opinione che fa venire dal Sole la pietra di Egos Potamos: secondo quegli autori, Anassagora avrebbe predetto la caduta di quell'areolito.

Keplero voleva che le stelle cadenti fossero esalazioni terrestri condensate nell'atmosfera; infiammandosi, esse traversano l'aria in linea retta; talune vi si consumano, altre trascinate dal peso, cadono sulla Terra. Keplero, come altri dell'antichità, confondeva colle comete i grandi bolidi che lasciano uno strascico considerevole, simili a code di comete e che restano visibili talvolta per più di una mezz'ora. Così, ad esempio, Cardano paragona ad una cometa il gran bolide del 4 settembre 1511 che aveva prodotto la caduta di 1200 pietre. Secondo la testimonianza di Von Zach, molti astronomi diedero il nome di *cometa terrestre* allo splendido bolide che attraversò l'Europa nel 1783. Hevelius, Hallis, Maskelyne, Pringle, Rittenhouse, Wallis, attribuivano ai globi di fuoco un'origine cosmica. Ma il più notevole progresso all'astronomia delle meteore fu apportato da Chladni, che Delaunay chiamò il Copernico di questo ramo della scienza del cielo. Egli dimostrò rigorosamente la connessione degli areoliti coi bolidi, e di questi colle stelle cadenti, affermando già un loro probabile legame colle comete. Si fu per eccitamento di Chladni che Brandes e Benzenberg nel 1798 si

accinsero ad osservazioni che ebbero per risultato la conoscenza dell'altezza alla quale s'accendono le stelle cadenti; poco per volta e per mezzo della teoria e dell'osservazione si pervenne anche a quella della loro velocità.

I lavori di Brandes e Benzenberg trovarono poco favore presso gli astronomi, e neppure valse ad attrarre la loro attenzione sulle stelle cadenti la splendida pioggia di stelle osservata da Humboldt e Bompland a Cumana nell'America meridionale, che fu visibile da sì gran tratto della Terra. Ma le descrizioni che di quel fenomeno avevano dato Humboldt ed Ellicot furono richiamate alla memoria degli astronomi da una simile ed ancora più magnifica pioggia di stelle avvenuta nella notte dal 12 al 13 novembre 1833. In essa, secondo gli apprezzamenti di qualche osservatore, il numero totale di meteore viste in un sol luogo doveva sorpassare le 200.000. I bolidi, dei quali alcuni paragonabili alla luna piena, erano numerosissimi. La coincidenza della data delle due piogge del 1799 e del 1833 fu avvertita da tutti, nonchè il ritardo d'un giorno fra le due apparizioni. A spiegare queste si voleva da taluno che la Terra nel suo moto intorno al Sole incontrasse, nei giorni corrispondenti alle piogge osservate, ammassi di materia celeste molto rara: ammassi che altri voleva fissi, altri circolanti attorno al Sole a guisa dei pianeti. La prima ipotesi fu ben presto riconosciuta insostenibile. Più probabile invece apparve l'opinione emessa da Olmsted che quegli ammassi percorressero un'orbita

propria intorno al Sole, in guisa che l'orbita della Terra la intersecasse in un punto. La Terra e l'ammasso di materia cosmica ritornando contemporaneamente a quel punto, avrebbero dato luogo, incontrandosi, alla pioggia meteorica, ed Olmsted sosteneva, non altra essere stata la causa della splendida pioggia di cadenti del 1833. Ma neanche l'ipotesi di Olmsted resse lungamente alla prova dei fatti e del calcolo. La pioggia del 12 novembre si verificò per parecchi anni con intensità decrescente; ciò assieme alla scoperta del periodo annuale di molte piogge meteoriche, richiedendo, entro un anno, il ritorno non solo della Terra, ma dell'ammasso altresì ad un medesimo punto, portava ad una ipotesi poco probabile. Costringeva cioè ad ammettere per ogni pioggia un ammasso variamente denso nella sua estensione, rivolgentesi intorno al Sole nel periodo di un anno, od in un periodo esattamente submultiplo di un anno. Contro l'ipotesi di Olmsted sorgeva, argomento inespugnabile, l'enorme vastità che era giuoco forza attribuire a quegli ammassi di materia cosmica, per render conto, data la velocità di traslazione della Terra, della durata delle apparizioni. Nè, dato il numero delle meteore osservate, meno forte era il fatto della rarità che pur si doveva accettare dei corpuscoli nell'ammasso, rarità che sotto l'influenza della gravitazione non avrebbe permesso a quell'assieme di corpuscoli di durare, lasciandolo andar disperso sotto l'influenza dell'attrazione degli altri corpi celesti.

Sbandite così le ipotesi di ammassi cosmici fissi o circolanti intorno al Sole, si venne poco per volta a supporre, che la sostanza cosmica si trovasse distribuita lungo tutta l'orbita percorsa dalle meteore in modo da formare un anello continuo circolante attorno al Sole, a guisa di corrente che ritorna in sè medesima. Questa teoria, che rendendo ben conto del fenomeno prospettivo d'irradiazione da un punto e di quello della periodicità annuale di una stessa pioggia, non costringeva ad ipotesi restrittive nella durata delle rivoluzioni, cominciò, circa il 1839, a farsi strada fra i dotti, ed in tale anno il professore Erman di Berlino pubblicò su tale argomento una celebre Memoria. In essa tentò di sottoporre al calcolo l'ipotesi degli anelli, ma mancandogli la cognizione esatta della velocità, colla quale le meteore cadono sulla Terra, non potè giungere ad alcun pratico risultamento, e solo servì il suo lavoro ad indicare una via, battendo la quale era possibile il giungere a cognizioni più esatte di quelle che fino allora si erano acquistate.

Nel 1863 il professore americano Newton di Newhaven riuscì a stabilire con molta probabilità che le orbite delle cadenti non sono prossimamente circolari, come quelle dei pianeti, ma che esse si avvicinano a quelle delle comete. Applicando la sua teoria alla pioggia del novembre 1833, potè annunziare, con una certezza quasi assoluta, il ritorno del fenomeno per la notte dal 13 al 14 novembre 1866: la sua predizione si verificò rigorosamente. Fu così data una prima prova assai

convincente dell'analogia, forse intraveduta da Cardano, Keplero ed Halley, e quasi affermata da Chladni e Kirkwood, fra le comete e le cadenti. Investigazioni istituite poco dopo quelle di Newton, ed indipendentemente da esse, da Schiaparelli, lo condussero ad un identico, anzi più categorico risultato. Fondandosi su di esso, ed appoggiato ancora alle ipotesi cosmogoniche di Kant, Laplace ed Herschel, e tenendo conto delle *divinazioni*, come egli le chiama, di Kirkwood, riuscì a stabilire in modo indiscutibile quanto segue.

Le orbite descritte dalle stelle meteoriche nello spazio sono analoghe, per natura, forma e disposizione, alle orbite delle comete: la velocità assoluta delle meteore quando percuotono l'atmosfera della Terra è generalmente assai prossima alla velocità che corrisponde al moto parabolico intorno al Sole, e sta alla velocità della Terra nella sua orbita, nella proporzione di 141 a 100: certe comete sono associate a certe piogge meteoriche in modo da descrivere con esse nello spazio orbite identiche: ed infine molto probabilmente le meteore sono il prodotto della dispersione della materia cometica.

La dispersione di cui si tratta si fa lungo l'orbita della cometa e non in altra direzione: giova aver ciò ben presente per non confondere la formazione delle correnti meteoriche collo sviluppo della coda delle comete. La scoperta di questi fatti notabili ha cangiato la faccia della scienza delle meteore e per la prima volta l'ha posta su vere e solide basi.

Spetta quindi intiero a Giovanni Schiaparelli

il merito di avere scoperta e dimostrata la vera teoria delle stelle cadenti, che la scienza accetta oggi giorno e che non appena enunciata ebbe ampia conferma dalla cometa di Tempel del 1866, che accompagna le meteore di novembre e dal calcolo che trovò compagna alla pioggia del 10 agosto la splendida cometa del 1862. Altre comete si riscontrarono nei cataloghi, che appartengono ad altri sistemi di cadenti. I nomi dei sommi astronomi Adams (inglese) e Le Verrier (francese) sono legati con molto lustro a queste ricerche. Weis, Galle, Denning ed altri trovarono per altre piogge meteoriche, compagne altre comete. Notevolissima però fra queste è la relazione della cometa di Biela, notata fin dal 1867 da D'Arrest e da Weis, con certe meteore anteriormente osservate e che fu splendidamente comprovata ed illustrata dalle meravigliose piogge di fuoco del 27 novembre 1872 e 1885.

Secondo il signor Denning, che si è molto occupato di questo argomento, sarebbero rigorosamente provati quattro soli casi di connessione di cadenti con comete. Quelli delle meteore di aprile, agosto, 13-14 novembre e 27 novembre, che dalle costellazioni nelle quali si trovano i loro radianti, sono denominate rispettivamente: *Lirèidi*, *Perseidi*, *Leoneidi* ed *Andromedeidi*.

Secondo Schiaparelli, le correnti meteoriche sono il prodotto della dissoluzione delle comete, e constano di minutissime particelle che certe comete hanno abbandonato lungo la loro orbita in causa della forza disgregante che il Sole ed i

pianeti esercitano sulla materia di cui sono composte. Ora la disgregazione dal cui effetto diciamo derivare le correnti meteoriche, deve intendersi così, che alcune porzioni della materia della cometa vengono a poco a poco allontanate dal centro principale dell'astro e sottratte alla sua influenza attrattiva. Nel principio, per le leggi della meccanica, si formerà come una nube di corpuscoli viaggianti insieme a piccole distanze; come sarebbe uno sciame d'insetti. Poi questa nube si verrà poco per volta allungando, e le sue parti si distenderanno progressivamente lungo l'orbita da essi descritta, finchè, dopo un numero molto grande di rivoluzioni, la nube si sarà trasformata in un anello ellittico completo: e l'anello si formerà quando le parti più veloci della nube abbiano guadagnato sulle meno veloci una rivoluzione intera. A spiegare l'accennata risoluzione di una cometa in stelle meteoriche, Schiaparelli suppone concorrano e la tendenza che hanno le comete, a cagion della grande rarità della loro materia, a comporsi in una struttura granulare, ed i grandiosi sconvolgimenti che su di esse produce il loro avvicinamento al Sole od a qualche pianeta del sistema solare. Questi tre fenomeni possono verosimilmente bastare a sottrarre le particelle all'influsso attrattivo del nucleo principale della cometa e renderle così indipendenti da quello. Avvenuto una volta questo distacco, la formazione di una corrente meteorica lungo l'orbita è, come dicemmo, conseguenza inevitabile e pura questione di tempo.

Se, nel suo moto di traslazione, la Terra viene ad incontrare la specie di processione di corpuscoli così originata, essa l'attraverserà incontrandone un certo numero. Dalla densità dei corpuscoli nel luogo d'incontro dipende la ricchezza dell'apparizione, ossia il numero delle cadenti che si osserveranno. Dalla lunghezza della nube dipende poi il ripetersi annuo della pioggia, che sarà prodotta nello stesso punto dell'orbita terrestre da corpuscoli differenti. Se la nube si è già allungata lungo tutto il percorso di un'orbita chiusa intorno al Sole, avremo il ritorno annuo ad epoche fisse di certe piogge. In questo modo sarà facile il rendersi ragione dei ritorni annui delle apparizioni di stelle, delle interruzioni di talune di esse, e del loro ripetersi dopo un determinato numero di anni secondo che la corrente è continua sull'orbita o lungo essa più o meno estesa, e nei diversi suoi punti egualmente o variamente fornita di corpuscoli. In appoggio di queste speculazioni geometriche stanno le osservazioni, da talune delle quali risulta in modo evidente che le comete hanno, anche nella parte loro che appare più densa, una struttura granulare, ed una tendenza a risolversi, sotto l'azione dei raggi solari, in un gran numero di corpuscoli minutissimi. L'esempio più manifesto è quello della cometa di Biela, già menzionata, che in sullo scorcio dell'anno 1845 fu vista divisa in due parti, il nucleo di una delle quali apparve più volte diviso in varii altri minori. Anche gli storici antichi menzionano comete che si divisero, ed altre

se ne osservarono dopo il 1845, ed il professore Schiaparelli ebbe la rara fortuna di poter assistere ad un tale fenomeno, osservando la sera del 25 agosto 1862 la grande cometa di quell'anno che accompagna le Perseidi.

La teoria di Schiaparelli, colle modificazioni apportatevi da Weiss, rende conto del fenomeno delle stelle cadenti nei suoi tratti generali; ma essa incontra delle grandi difficoltà quando si tratta di spiegare i numerosi fatti rivelati dallo studio minuto dei diversi sciami di cadenti, delle loro radiazioni e della loro distribuzione (1). Talune di esse si possono forse chiarire colle perturbazioni esercitate dai vari pianeti. A spiegare la fissità di certi punti radianti Niessl mise avanti l'ipotesi che sciami di corpuscoli di dimensioni trasversali considerevolissime ci giungano dagli spazi stellari, con velocità iperboliche.

Bredikhine, valorosissimo astronomo russo, vede l'origine delle stelle cadenti nelle code anomale delle comete. Le code anomale, rivolte verso il Sole, sono costituite da corpuscoli relativamente troppo pesanti e troppo grossi, per poter essere trascinati dalla forza ripulsiva del Sole nella direzione delle code normali. Questi corpuscoli, in un dato istante, hanno ricevuto una impulsione, una spinta verso il Sole, costituendo così una specie di eruzione dalla cometa verso il Sole, che poi genererebbe certi sciami di ca-

(1) SCHULHOF, *Sur les étoiles filantes*, in *Bulletin Astronomique*, 1894, pag. 406.

denti. Alla spinta enorme verso il Sole, che l'ipotesi di Bredikhine suppone data ai corpuscoli, Schulhof preferisce addirittura la supposizione dell'esplosione di una grande cometa, i cui innumerevoli frantumi vengano lanciati in tutte le direzioni.

Che che l'avvenire sia per rivelare agli uomini intorno alle stelle cadenti, che, nelle loro varie manifestazioni, presentano ancora molti problemi insoluti, la connessione loro incontestabile colle comete rimarrà gloria italiana purissima dovuta al genio di G. V. Schiaparelli.

VI.

Circa la connessione fra le stelle cadenti ed i meteoriti, la scienza, già lo dicemmo, non ha ancora pronunziato l'ultima parola. Abbiamo già accennato all'ipotesi di Ball, sulla loro origine terrestre, ed a quella di Meunier; altri li vogliono far derivare dagli spazi stellati, così che essi sarebbero i messaggeri dipartitisi da regioni enormemente lontane, forse di mondi distrutti, che volano per quegli oscuri abissi. Schiaparelli stesso non ha potuto giungere intorno a questo argomento ad alcun risultato definitivo. È curioso avvertire che gli areoliti hanno una distribuzione apparente affatto diversa da quella delle stelle cadenti: essi all'opposto di queste sono, secondo Greg e Haidinger, più frequenti nella sera che nel mattino. Gli areoliti, più frequentemente, hanno orbite fortemente iperboliche, e nelle grandi

piogge di stelle cadenti non sono più numerosi che nelle altre epoche dell'anno.

A qualche cosa di più probabile si è giunti circa l'origine delle comete.

Laplace voleva che le comete fossero corpi erranti per lo spazio stellato, e visitatrici di più nuovi mondi vagassero da stella a stella, vagabonde del firmamento, e penetranti nel sistema solare per incontri fortuiti. Ma Gauss e Schiaparelli provarono separatamente che questi corpi si muovono naturalmente in ellissi prodigiosamente allungate, e che la forma iperbolica delle loro orbite, nei casi estremamente rari nei quali esiste, è prodotta dalle perturbazioni dei pianeti. Così stando le cose, ne segue, come osserva Förster, che lo stato delle comete prima di subire l'attrazione del Sole era quello di riposo relativo. In altre parole, esse partecipavano al movimento di traslazione del Sole nello spazio, verso un punto della costellazione della Lira. Questo modo di vedere era stato, su altre basi, indicato da ricerche intraprese, indipendentemente, da Carrington e Mohn nel 1860, in certe loro ricerche, per accertare un'affermata relazione fra la giacitura delle orbite delle comete e la direzione del moto del Sole nello spazio.

Herbert Spencer (*Westminster Review*, luglio 1858) ha creduto provare, e non è, che molte più comete si avvicinano a noi dalla direzione dei poli dell'eclittica, che non da quelle giacenti nel piano di essa, il che accenna ad una connessione col nostro sistema solare. Egli pensa che

le comete siano come fiocchi lasciati indietro nel contrarsi e restringersi dall'immensa nebulosa che Kant e Laplace ammettono all'origine primissima del sistema solare. I progressi dell'astronomia cometaria non confermano queste vedute del sommo filosofo inglese. Così può dirsi della teoria di Faye, che l'americano Winchell ha così giustamente analizzato. Pare accertato che le comete non hanno appartenuto alla nebulosa che ha originato il sistema solare. Le comete formano fra le stelle fisse e gli altri corpi estraplanetari un sistema distinto di cui tutti i membri accompagnano il Sole nel suo moto attraverso lo spazio stellato. Forse altri corpi oltre il Sole ed i pianeti fanno parte di questo sistema. Talora le vicende del moto portano le comete nella sfera d'attrazione del Sole, dalla quale per la massima parte son fuori, ed allora imprendono a descrivere attorno ad esso un'orbita allungata, a quel modo che loro impone la legge della gravitazione universale. In taluni casi, sotto speciali circostanze, si frantumano, si disfanno, si risolvono in corpuscoli minuti, ed incontrando la Terra, vi producono le piogge di stelle cadenti che noi osserviamo, a quella maniera che vide ed insegnò la mente acutissima di Giovanni Schiaparelli.

Le comete hanno forse coesistito, a distanze enormi, colla nebulosa di Laplace, ma come interamente straniere al nostro sistema, così che non ebbero parte alcuna nel lunghissimo procedimento di evoluzione, che condusse al suo stato presente. Esse sono forse gli ultimi avanzi di un

remotissimo ed appena concepibile stato di cose, dominante quando il caos dal quale il Sole ed i pianeti dovevano, per un supremo e fatale editto, emergere, non aveva neppure ancora principiato ad essere.

Oh! scruta intorno gli ignorati abissi:
Più ti va lungi l'occhio del pensiero,
Più presso viene quello che tu fissi:
Ombra e mistero (1).

Huxley lasciò scritte le linee seguenti:

Le migliori civiltà moderne mi sembrano essere la manifestazione di uno stato dell'umanità senza ideale degno del nome, e che non ha neppure il merito della stabilità. Se non nutriamo la speranza di un miglioramento reale nella condizione della massima parte della famiglia umana; se veramente l'accrescimento delle cognizioni, e l'impero poi più grande sulla natura che ne è la conseguenza; e infine se la ricchezza che deriva da questo servaggio della natura, non debbono diminuire l'intensità e l'estensione della miseria e della degradazione fisica e morale, che è il risultato della infelicità delle masse, io non esito a dire che saluterei come la sola fine desiderata, la venuta di qualche cometa impietosita che spazzi via ogni cosa nello spazio.


Ma "quella speranza di un miglioramento reale nella condizione della massima parte della famiglia umana", non fallace, non debole, ma salda e sicura brilla qual lucida stella davanti agli occhi dei forti e dei pietosi, sta conforto e sti-

(1) PASCOLI, *Sapienza*.

molo nell'animo dei valorosi e buoni, ed il poeta canta:

Ma pur, mentre un destin cieco ti guida,
Se in mezzo all'ombre onde il tuo ciel s'annerà
Alcuna luce inaspettata arrida;
Io, soprastando a quest'empia bufera
D'ingiurie atroci e d'angosciate strida,
T'esorterò: Leva la fronte e spera! (1)

(1) GRAF, *Sonetto fraterno*.





LA FINE DEL MONDO ⁽¹⁾

Signori,

Io voglio e debbo anzitutto ringraziare il mio giovane amico e vostro egregio presidente, dottore Efisio Gillio Tos, e la vostra esimia direzione per avermi cortesemente invitato a tener una conferenza in questa vostra geniale e simpatica Associazione Universitaria. E li ringrazio sentitamente e per l'onore fattomi, e per il vivo piacere procuratomi, giacchè per me, ormai dopo il tramonto, è una sensazione profondamente gradita il trovarmi in mezzo ai giovani ed intrattenermi seco loro di quelle dottrine cui si dedicarono le ore migliori della vita. Conoscendomi però troppo impari alla difficile incombenza, non mi sarei forse deciso ad accettare il tanto

(1) Conferenza tenuta all'Associazione Universitaria Torinese la sera di sabato, 25 aprile 1896, da OTTAVIO ZANOTTI BIANCO. Alcuni brani di questa conferenza sono tolti da precedenti lavori dell'autore.

lusinghiero invito se non avessi saputo, per ormai lunga esperienza che buoni e cortesi tanto sono i giovani studenti, con chi loro vuol sinceramente bene e vivamente s'interessa, e benevolmente indulgenti con chi di cuore dà quel pochissimo che ha.

Pensando io poi che doveva parlare a voi, giovani egregi, che per la breve età siete chiamati a convertire l'incerto domani nell'oggi vivente; a voi che quasi veggenti tendete nell'avvenire lo sguardo fisso a più ampi e sereni orizzonti, parvemi non fosse disdicevole, nè potesse tornarvi di soverchio discaro l'udire discorso del destino futuro di questa terra sulla quale siamo chiamati a compiere nostra mortal carriera. E scelsi, colla scorta della scienza, seco voi libbrarmi pei secoli non ancora nati, e dirvi della fine del mondo.

Dal dì che la prima volò ala del tempo guardano le dorate stelle indifferenti, dall'alto cielo, dell'orbe terrestre il rotar perpetuo e delle genti umane le scarse gioie e l'infinito pianto. Veggono sul pianeta nostro, ove più ad odiar che ad amar s'impara, passar nazioni e popoli, crollar templi e città, regni ed imperi cader, sorgerne altri, ed in assidua vece un incessante battagliar della vita e della morte. E via per l'etra in fuga, veggon la Terra al Sole avvinta dall'infrangibile catena della forza, volar colle sfere sorelle per non battuto smisurato calle. E l'uomo ignora ove la sfrenata corsa la adduca, e a quale meta tenda il Sole e il suo corteo di mondi e quale destin li

attenda. Un velo impenetrabile ricopre dell'umana stirpe e della Terra il destino futuro. Il pensiero di conoscenza avido e di sapere tenta squarciarlo. Invano, perchè l'origine prima ed il fine ultimo delle cose non ci saranno svelati mai. Invano ma non senza qualche profitto, chè negli audaci tentativi la scienza procede e nuovi veri conquista.

Nelle isole dell'Oceano Pacifico, bene spesso al sorgere ed al tramontare, il Sole si mostra circondato da un enorme ventaglio di raggi che squarciando regolarmente le nubi si dipartono simmetrici dal disco lucente dell'astro del giorno. Una strana leggenda che ha corso alle isole Hervey, alquanto a oriente delle isole Fiji, così spiega quella splendida aureola di raggi divergenti.

Hanu era il grande eroe del Pacifico, ed aveva non solo scoperto il segreto del fuoco ad uso dei mortali, ma aveva innalzato il cielo sopra la terra. Il Sole, però, aveva il cattivo vezzo di tramontare ogni tanto, così che era impossibile di condurre a termine una qualsiasi faccenda, o cuocere il pane, o recitare un'incantazione agli Dei, senza esserne impediti dall'oscurità. Ora Ra, ossia il Sole, è una vivente creatura divina, rassomigliante agli uomini, ma dotato di potente energia, e che mattina e sera mostra a questi ammirati la sua chioma dorata. Hanu decise di catturare il Sole, malgrado i savi consigli di Talinga, che faceva avvertito il suo figliolo, di non immischiarsi negli affari di Ra, avendo già altri

nei tempi andati tentato invano di regolare i suoi movimenti.

Hanu intrecciò sei grosse e lunghe e salde funi, e munito di esse, s'avviò alla lontana apertura, attraversando la quale il Sole esce da Avaiki, la terra dei fantasmi, e s'arrampica su pel cielo, ed ivi pose un nodo scorsojo. Più lontano sul cammino del Sole, ne collocò un secondo, ed in tutto sulla strada di consueto tenuta dal Sole stesso, ne pose sei ad eguali intervalli.

Di buon mattino il Sole, di nulla sospettando, s'incamminò per la sua solita celeste passeggiata. Hanu era appiattato presso al primo nodo, che strinse di buona volontà; ma esso scivolò lungo il corpo del Sole, e si fermò intorno ai piedi. Così avvenne che il secondo fu trattenuto alle ginocchia, il terzo alle anche, il quarto alla cintura, il quinto sotto le braccia. Il Sole procedeva malgrado ciò, appena badando ai lacci di Hanu, che però fu venturato tanto da far che il sesto nodo si stringesse fortemente al collo del divin Ra. Hanu, vistolo così ridotto all'impotenza, lo picchiò di santa ragione, e malgrado la più energica resistenza legò un capo della fune ad una roccia, e si fece promettere da Ra che da allora in poi avrebbe camminato più adagio così da permettere agli uomini di attendere con comodo alle loro faccende. Hanu fu pregato di togliere le corde dal corpo di Ra, ma saviamente vi si rifiutò, ed esse si vedono ancora attorno al Sole al sorgere ed al tramontare.

Forse il Sole ha col suo fuoco bruciato le corde

di Hanu, o qualche pietosa Dea le tagliò, giacchè pur mantenendo la sua promessa di camminare adagino e regolarmente, ha intrapreso un lunghissimo viaggio in regioni affatto ignote. L'astronomia moderna ha ormai posto fuori di dubbio che il Sole seguito da tutti i pianeti e i satelliti, e da talune comete, cammina verso un punto che è situato nella costellazione della Lira. È nota, ad un dipresso, la posizione di quel punto, non la sua distanza, la velocità del movimento, ma si ignora affatto se il moto sia rettilineo o curvilineo: vale a dire si ignora se il Sole cada verso un lontanissimo corpo attraente, o se, il che è più probabile, descriva attorno a qualche sconosciuto astro centrale, un'orbita immensa. Poichè lo spazio è popolato da innumerevoli astri luminosi e spenti, non sarebbe possibile, che nel suo cammino il Sole venisse ad urtare con uno di essi, e che nel cozzo immane andasse in fiamme ed a pezzi tutto il sistema solare? Ed ancora, il Sole non essendo che una delle tante stelle, onde è cosparso il firmamento, è possibile l'urto di due stelle, e con esso la distruzione di ciascuna e la formazione di un unico corpo nuovo?

Croll ha sostenuto che in un tale urto sta la origine della grande nebulosa che Laplace ha posto al principio primissimo della formazione del sistema solare. Un cosiffatto incontro fra due corpi cosmici, infatti, non è cosa assolutamente impossibile, ma la probabilità che esso si verifichi è molto piccola. Bisognerebbe, perchè lo scontro diretto si verificasse, che quando essi

sono ancora ad una grande distanza, esistesse una concordanza, assai difficile ad ammettersi, nelle direzioni e nelle velocità dei loro movimenti.

Una piccola deviazione da una comune direzione di movimento, farà sì che uno dei corpi descriva presso all'altro un'orbita (ellittica, parabolica od iperbolica a seconda della rispettiva velocità) e ne passi ad una breve distanza.

William Thomson (dal 1891 pari d'Inghilterra col titolo di Lord Kelvin), che ha esaminato tutti i casi di un simile incontro, è giunto alla seguente curiosa conclusione:

“ La pura probabilità di collisione fra due vicini di un gran numero di corpi, mutuamente attraentisi e largamente sparsi nello spazio, è molto più grande se i corpi sono tutti dati in riposo, che se fossero dati animati da movimenti in qualunque direzione e con velocità notevoli in confronto di quelle che acquisterebbero cadendo da riposo fino ad urtarsi „. Si noti però che, dati i corpi in riposo, distribuiti a varie distanze, tale stato non durerebbe neppure un minuto secondo. Ma variamente attraentisi, a seconda delle masse e delle lontananze, i corpi si metteranno in movimento, ubbidienti alla legge della gravitazione universale, nel quale stato la probabilità di un urto diretto è, come si disse, assai debole.

Non è però a tacersi che alcuni valenti astronomi credettero spiegare coll'urto o colla compenetrazione di masse vaganti pel firmamento i

fenomeni presentati dalla stella nuova scoperta in sul cadere del 1891 nella costellazione dell'Auriga. In generale però l'urto diretto di due grandi masse cosmiche è ritenuto come assai poco probabile, e poco temibile quindi la distruzione del sistema solare per tale cagione.

Ma se non l'incontro di due grandi masse, è possibile quello di due masse piccole, come ad esempio della Terra e di una cometa?

Le stelle cadenti ed i bolidi ci attestano col fatto, che quotidianamente la Terra incontra, senza danno di sorta, innumerevoli corpuscoli celesti. Cosa accadrebbe dato il caso d'uno scontro con una cometa? Questi astri colla coda, ed anche senza, furono per lungo tempo riguardati come forieri di tristi avvenimenti, e di generali calamità: pesti, guerre, morti di re, imperatori e papi, d'uomini insigni, pari a sibille che disciolto il crine profetino terrori.

Le comete sono astri di massa piccola assai, di mal nota costituzione, e soggette nelle loro svariate e talora repentine trasformazioni a forze intorno alle quali quasi completa è la nostra ignoranza. L'astronomia però ha oggidì provato in modo indiscutibile che stoltezza e follia era, e null'altro, la credenza nell'influenza delle comete sugli eventi terrestri.

Il telescopio ci attesta la presenza, quasi costante, nelle regioni accessibili ai nostri strumenti, di comete, e certo molte ne sfuggono alla nostra osservazione. Questo semplice fatto atterra tutte le insulse opinioni del passato, che connet-

tevano il mostrarsi delle comete coi grandi e sinistri avvenimenti comuni. A questo riguardo è curiosa un'opinione del grande storico tedesco Niebhur, che cioè le grandi catastrofi e gli insoliti fenomeni naturali come fatti — in qualsiasi modo poi noi vogliamo interpretarli — furono, in modo rimarchevole, sincroni con grandi fatti della storia dell'umanità.

Demolite quelle strane paure, poichè i pregiudizii, come le male erbe vivaci, allignano nel terreno dell'ignoranza, rimase sempre la preoccupazione per l'influenza fisica delle comete e prima fra tutte quella di un incontro di uno di questi astri chiamati colla Terra, incontro che potrebbe anche essere causa della distruzione totale degli uomini.

Un inglese, Whiston, insegnò nella sua *Teoria della terra*, che il Diluvio universale era stato prodotto dal passaggio di una cometa molto vicino alla terra. Egli assegnò àlla splendida cometa apparsa nel 1860, non solo l'odiosa parte di carnefice dei contemporanei di Noè per via umida, ma profetando ruine e stragi, anche quella futura di sterminatrice degli uomini per via ignea.

È curioso l'avvertire che un grande naturalista, Buffon, invece che vedere nelle comete agenti minaccianti alla Terra distruzione e fine, volle vedere in una di esse la cagione della formazione dei pianeti tutti del sistema solare. Egli suppose che una cometa, cadendo sul Sole, ne abbia fatto scaturire un torrente di materia che raggruppatasi a distanza in parecchi globi più o

meno grandi e più o meno lontani da quell'astro, formò i pianeti e i satelliti.

Laplace, il sommo fondatore della vera teoria del sistema del mondo, ha dimostrato la completa insussistenza delle idee di Buffon: dunque, certo una cometa, non ha creato il mondo, vediamo se essa possa annullarlo. Che ciò potesse avvenire si temette da molti nel 1775 in Parigi, nella quale città era corsa voce che una cometa doveva trovarsi sull'orbita della Terra, urtarla e mandarla a pezzi. L'origine di questa poco piacevole diceria fu una memoria che l'astronomo Lalande doveva leggere, ma non lesse, il 21 aprile di quell'anno nella seduta pubblica dell'Accademia delle scienze. Nessuna predizione di scontro con comete si conteneva in quella memoria, che portava il seguente innocentissimo titolo: "*Reflexions sur les comètes qui peuvent approcher de la terre*". Prima di far pubblico il suo lavoro, Lalande dovette, tanta era la paura del pubblico, far stampare sulla *Gazzetta di Francia* del 7 maggio una nota che calmasse la gente. Essa non valse, ed il panico divenne tale che i devoti volevano s'innalzassero al cielo preci solenni per iscongiurare il disastro: i dotti persuasero l'arcivescovo di Parigi a non dar loro retta per non cadere nel ridicolo. Lalande pubblicò nel corso del 1775 medesimo il suo lavoro, e poco per volta si scordarono e la cometa e le sue minacce, che rimasero solo nelle canzoni popolari e nelle riviste umoristiche di fine d'anno all'*Opéra Comique*.

È strano come la gente si sia sempre spaventata all'idea di morire in massa, ponendo in non cale la proverbiale consolazione dei dannati, e scordando che tanto vale morire tutti assieme, quanto il lasciare questo rotondo pianeta isolatamente e per proprio conto, e che il mondo finisce per ciascuno di noi col cessar della vita individuale.

I psicologi, che ora non contenti più di frugare e rifrugare nell'anima umana, anatomizzano e dissecano, a modo loro s'intende, quel che con reboante frase, chiamano la psiche delle folle, troveranno forse motivo a quelle contraddizioni: a noi conviene risalire ora al finire del secolo decimo dell'era nostra. Ci fu insegnato che verso quell'epoca un'immensa paura del finimondo invase l'Europa.

Si credeva da molti, or son pochi anni ancora, e forse anche oggi da molti si crede, che in sul finire del secolo decimo dopo Gesù Cristo, gli uomini allora viventi, tementi di predizioni apocalittiche, paventassero giunta l'ora della fine del mondo e della distruzione del genere umano. Molti e reputati storici hanno prestato fede a questa leggenda, relativamente moderna, l'hanno chiosata, commentata, divulgata, hanno disteso intorno ad essa dottissime e purtroppo inutili disquisizioni. E come si presentavano bene all'arte queste paure dell'anno mille! Alcuni anni or sono il Commendatore Giuseppe Giacosa aveva ideato un dramma su questo argomento e ne aveva buttato giù alcune scene che furono pubblicate

nelle *Conversazioni della domenica*. È doloroso, ma non è colpa mia, che la moderna barbarie condanni al volgare supplizio della croce i poeti che si ravvedono. Il Commendatore, Senatore, Prof. Giosuè Carducci scrisse sui terrori del millennio le seguenti bellissime pagine: " V'immaginate il levar del Sole nel primo giorno dell'anno mille? Questo fatto di tutte le mattine ricordate che fu quasi miracolo, fu promessa di vita nuova, per le generazioni uscenti dal secolo decimo? Il termine dalle profezie etrusche segnato all'esser di Roma; la venuta del Signore venuto a rapir seco i morti e i vivi nell'aere, annunciata già imminente da Paolo ai primi cristiani; i pochi secoli di vita che fin dal tempo di Lattanzio credevasi rimanere al mondo; il presentimento del giudizio finale prossimo, attinto da Gregorio Magno nelle disperate ruine degli anni suoi; tutti insieme questi terrori, come nubi diverse che aggruppandosi fan temporale, confluirono sul finire del millennio cristiano in una sola e immane paura. — Mille e non più mille — aveva, secondo la tradizione, detto Gesù; dopo mille anni, leggevasi nell'*Apocalisse*, Satana sarà disciolto. Difatto nelle nefandezze del secolo decimo, in quello sfracellarsi della monarchia e della società dei conquistatori nelle infinite unità feudali, in quell'abiettarsi ineffabile del pontificato cristiano, in quelle scorrerie procellose di barbari nuovi ed orribili, non era egli lecito riconoscere i segni descritti dal veggente di Patmo? E già voci correvano tra la gente di nascite mostruose, di

grandi battaglie combattute nel cielo da guerrieri ignoti a cavalcioni di draghi. Perciò niun secolo al mondo fu torpido, sciagurato, codardo, siccome il decimo. Che doveva importare della patria, della società umana ai morituri, aspettanti d'ora in ora la presenza di Cristo giudice? E poi, piuttosto che ricomperarsi una misera vita coll'argento rifrugato fra le ceneri della patria messa in fiamme dagli Ungari, come avevan fatto i duecento sopravvissuti di Pavia, non era meglio dormire tutti insieme sepolti sotto la ruina delle Alpi e degli Appennini? Battezzarsi e prepararsi alla morte, era tutta la vita. Alcuni, a dir vero, moveansi: cercavano peregrini la valle di Josafat per ivi aspettar più da presso il primo squillo della tromba suprema.

“ Fu cotesto l'ultimo grado della fievolezza e dell'avvilimento a cui le idee degli ascetici, e la violenza dei barbari avevano condotto l'Italia Romana. E che stupore di gioia e che grido salì al cielo dalle turbe raccolte in gruppi silenziosi intorno ai manieri feudali, accasciate e singhiozzanti nelle chiese tenebrose e nei chiostri, sparse con pallidi volti e sommessi mormorii per le piazze e la campagna, quando il Sole, eterna fonte di luce e di vita, si levò trionfante la mattina dell'anno mille? Folgoravano ancora sotto i suoi raggi le nevi delle Alpi, ancora tremolavano commosse le onde del Tirreno e dell'Adriatico, superbi correivano dalle rocce alpestri per le pingui pianure i fiumi patrii, si tingevano di rosa al raggio mattutino così i ruderi neri del

Campidoglio e del Foro, come le cupole delle Basiliche di Maria. Il Sole! Il Sole? V'è dunque ancora una patria? V'è il mondo? E l'Italia distendeva le membra raggricciate dal gelo della notte e toglieasi d'intorno al capo il velo dell'ascetismo per guardare all'oriente „. Fin qui il Grand' Ufficiale, Senatore, Professore Giosuè Carducci.

Che peccato che ciò non sia vero! esclama il dottissimo professore Orsi, che ha incontestabilmente provato, che le paure della fine del mondo al millennio, non hanno mai esistito in tale misura che nella fantasia di storici e letterati di soverchio immaginosi e troppo poco veritieri. Quei terrori del finimondo nell'anno mille sono un fatto ignoto a tutti i contemporanei, un fatto che nessuno ha registrato, a cui nessuno accenna, del quale nessuno si ricorda menomamente. Nessun pensiero di morte attristava verso il mille le genti, di cui nessun timore paralizzava l'azione. Mangiavano, bevevano, vestivano panni, si sposavano, si bisticciavano, si picchiavano. Accudivano come sempre alle faccende domestiche e cittadine, non altrimenti di quello che facciamo noi, fortunatissimi viventi su questo declinare del secolo decimonono, che abbiamo sostituito alle stolte e chimeriche paure del finimondo — ah! Dio! miserabile prosa — l'opprimente incubo dell'esattore e dei microbi patogeni.

Con ciò non è a negare recisamente che qualcuno verso il mille non abbia paventato vicino l'avverarsi delle profezie e della fine del mondo.

Vi sono state sempre persone nervose, impressionabili, paurose: e poichè sembra che ogni finir di secolo abbia visto manifestazioni di timore per qualche grande catastrofe, e giacchè in molte persone la infondata attesa di alcun che di straordinario per il termine di questo bel secolo decimonono non è una fiaba, così è a credere, e più che mai, che qualche timoroso, in sul compiersi del millennio dopo la venuta di Gesù, pensasse alla fine del mondo. Ma da ciò alle esagerate descrizioni di un generale spavento, di una completa sospensione della vita sociale e privata, c'è un gran tratto. Orsi e Roy hanno rispettivamente dimostrato che per l'Italia e per la Francia nulla di tutto ciò è mai avvenuto. D'altronde le ricerche e gli studi a questo riguardo sono recentissimi e pochi, e l'argomento è appena appena sfiorato. Non voglio scordare quello pregevolissimo pubblicato in questi ultimi mesi in Torino dal dottore Calligaris intorno a Gregorio Magno e la fine del mondo.

Nel 1816, la voce della prossima fine del mondo si sparse in Francia. Il 13 luglio era la data fissata alla catastrofe finale. Hoffmann, il celebre novelliere, con uno spiritoso articolo nel *Journal des Débats* pose in ridicolo quegli strani sbigottimenti. Essi rinacquero malgrado ciò nel 1832 per la cometa di Biela, scoperta nel 1826, che tanto ha dato da lavorare agli astronomi, per essersi divisa in due, e poi risolta in pioggia di stelle cadenti. Il 30 giugno 1861, la Terra attraversò la nebulosità che formava la coda

della splendida cometa di quell'anno, e gli uomini non se ne avvidero, a meno che non si voglia riguardare come conseguenza di quell'incontro, una debole luce gialla fosforescente che taluno credette di aver osservato. La cometa del 1862 non ebbe così più l'onore di spaventare la gente: udite come se ne parlava con disinvoltura. È una conversazione conservataci dall'astronomo Babinet: " Signor astronomo, chiede una signora, i giornali dicono che è visibile una cometa? „ " Sì signora, e veramente bella „. " Che cosa ci predice? „ " Nulla, nulla affatto, signora „. " Ma è bella? „ " Splendida, signora, uscite in giardino e ve ne accerterete „. " Ah! se essa non apporta nè bene nè male, non torna conto il disturbarci „. E la signora se ne andò a letto perfettamente tranquilla. Ciò non sarebbe di certo accaduto seicento anni fa.

D'altronde, come fece chiarito Arago e convalidarono le accennate considerazioni di Lord Kelvin, l'incontro di due masse cosmiche è enormemente poco probabile, e le conseguenze poi, non ne possono essere indicate in antecedenza. Esse dipendono dalla massa e natura dei due astri e dalla velocità e direzione del loro moto. Una penna fantasiosa, se mai ve ne fu, quella del celebre novelliere americano Edgardo Poe, ha delineato a fiammeggianti colori quale potrebbe essere uno scontro fra la Terra ed una cometa nella conversazione fra Eros e Charmion. Poe fa che una cometa distrugga la Terra in una immane conflagrazione, attenendosi al detto bi-

blico, che la Terra sarà bruciata con tutto ciò che contiene. Chè chè nell'avvenire siano poi per apportare agli uomini le comete, esse oggi non sono per la comune, che un oggetto di curiosità, e per gli astronomi, argomento a lunghi calcoli, osservazioni e indagini circa i tanti e curiosi fenomeni che molte di esse offrono alla nostra contemplazione. Intanto, vanità lucenti, parvenze vaghe erranti pel firmamento hanno cessato d'incutere timore e danno retta alla preghiera di Voltaire:

Comètes, que l'on craint à l'égal du tonnerre,
Cessez d'épouvanter les peuples de la terre.

Lo spettacolo della società moderna inspira ad una delle più alte intelligenze dello scorso secolo, Huxley, il passo seguente, le comete non vi sono estranee, udite: " Le migliori civiltà moderne mi sembrano essere la manifestazione di uno stato dell'umanità senza ideale degno del nome, e non avente nè anche il merito della stabilità. Se non nutriamo la speranza di un miglioramento reale nella condizione della massima parte della famiglia umana, se veramente l'accrescimento delle cognizioni, e l'impero poi più grande sulla natura, che ne è la conseguenza, e infine se la ricchezza che deriva da questo servaggio della natura, non debbono diminuire l'intensità e l'estensione della miseria e della degradazione fisica e morale, che è il risultato della miseria nelle masse, io non esito a dire che saluterei come la sola fine desiderabile

la venuta di qualche cometa impietosa che spazzi via ogni cosa nello spazio „. È triste, ma i voti di Huxley non saranno esauditi e per secoli e secoli l'umanità continuerà fatalmente a piangere e soffrire.

L'uomo e tutti gli esseri organici, suoi contemporanei, per vivere, hanno bisogno di aria e di acqua, e di Sole, ossia della luce e del calore onde esso è larghissimo dispensatore. Orbene gli scienziati hanno trovato che tutte quelle cose di primissima, anzi assoluta, necessità ci verranno, un bel giorno, o meglio un brutto giorno, secondo i gusti, a mancare. Ma hanno pure scoperto, salvo errore, possibile qui più che mai s'intende, che questa sottrazione, così poco cortese, non sarà completa che fra molti milioni d'anni; non è quindi luogo a repentino spavento. E poi e poi, gli scienziati all'infallibilità non pretendono, propongono delle ipotesi, più o meno plausibili, più o meno solidamente fondate e nulla più. Soprattutto, lo si noti bene, essi stabiliscono a base delle loro teorie una condizione senza la quale nessuna scienza sarebbe possibile. La condizione cioè che le leggi naturali, quali i nostri sensi hanno scoperto e constatato, abbiano agito sempre, ed agiscano sempre per l'avvenire, in modo identico a quello che a noi si mostra. Modo, si ponga ben mente, che non sappiamo se sia il reale, non avendo noi mezzo alcuno per accertare se la nostra mente ed i nostri sensi non ci abbiano rivelato che la verità, tutta la verità, nient'altro che la verità. La perfetta identità e continuità

nel passato, presente e futuro, delle leggi naturali è condizione essenziale, sotto pena di non essere, dello scibile, e della condotta umani. La persuasione, l'evidenza per noi della costanza ed uniformità delle leggi naturali deriva dall'esperienza; ed oggi noi avremmo di esse la conoscenza medesima, anche se esse non fossero esattamente ed assolutamente vere, ma lo fossero solo approssimativamente, ed i nostri sensi non ci permettessero di constatare la differenza tra l'essere ed il parere. La grande legge della gravitazione universale, alla quale alcuni valorosi astronomi non sono peritosi a proporre modificazioni, ne è un chiaro esempio. È però chiaro che nell'ammettere che noi possiamo fare a fidanza coll'uniformità della natura, e coll'identità non interrotta nel tempo e nello spazio delle sue leggi, noi assumiamo come vera una cosa intorno alla quale nulla di certo sappiamo.

L'impero assoluto, poi, e continuo delle leggi di natura, dato e non concesso che esse siano quali paiono, è desso indiscutibilmente provato e da quando? Chi attesta che sempre fu qual'è, e quale è continuerà ad essere per sempre? L'esistenza o la non esistenza di un legislatore, non è provata. È egli pertanto lecito, in cosiffatto stato di cose, negare od affermare la subordinazione di esso legislatore, supposto esistere, volontaria e perfetta alla legge da lui stabilita, ovvero la di lui intenzione e la possanza di violarla ed interromperla? Chi afferma, chi nega, su basi tetragone e inalterabili, una causa finale

o non dell'universo? Ardue ed inutili domande, cui neppure i posterì daranno risposta. Era savio Littré, quando non voleva occuparsene, e più savio il poeta quando consiglia:

Meglio oprando obliar, senza indagarlo,
Questo enorme mister de l'universo!

Alcuni dotti pensano, con non infondata ragione, che l'acqua sia stata altra volta assai più abbondante sulla superficie della Terra, che ora non sia. Vogliono che essa sia venuta man mano, e continui ad essere assorbita meccanicamente e chimicamente dalle parti più interne della massa terrestre, dalle quali non potrebbe staccarsi più mai per essere ricondotta alla superficie, ove solo è disponibile pei bisogni dell'umanità. Questa opinione, oltrechè su argomenti dedotti dalla geologia e dalla climatologia, si appoggia sul fatto che la Luna, molto più avanzata della Terra nella sua vita cosmica, è quasi sicuramente priva d'acqua e d'aria, che si vorrebbe siano state assorbite a poco a poco dalla massa lunare. Il pianeta Marte, colla sua fisica costituzione, quale è ora nota mercè i grandiosi studi di G. V. Schiaparelli, pare fornire esso pure valido appoggio ai propugnatori di quelle maniere di pensare. 70 mila secoli occorrerebbero secondo Saeman e Whinchell all'assorbimento totale dell'acqua e dell'atmosfera terrestre. Non è quindi d'immediata urgenza un provvedimento al riguardo.

Sia per isparire o non nei secoli a venire l'aria che respiriamo, è lecito chiedere, se essa, o na-

turalmente, o per opera dell'uomo, non abbia avuta modificata la sua chimica composizione. Prima di tutto, questa pare tutt'altro che completamente nota, e non sono trascorsi dieci anni dacchè gli inglesi Lord Raileigh e prof. Ramsay, scoprirono l'*argon*, corpo inerte per eccellenza e costituente dell'aria, ignoto fino a loro. Non si posseggono poi che da un centinaio di anni circa analisi precise dell'aria, e quindi il paragone della sua composizione ad epoche differenti e lontane non è possibile. Tuttavia non è assurdo il pensare, che l'enorme quantità di carbone che oggi si brucia per l'industria, il riscaldamento e l'illuminazione, ed il vapore acqueo, che in tanta copia le macchine a vapore dell'industria e della locomozione lanciano nell'aria, abbiano un qualche effetto sulla composizione chimica di questo oceano gazzoso al fondo del quale si compie il poco allegro ciclo della nostra esistenza. E ciò per tacere delle modificazioni che all'atmosfera possono apportare le innumerevoli operazioni secondarie dell'industria, e il diboschimento, e l'alterato regime delle acque e delle colture, e l'accresciuto numero d'uomini e di animali. Dirà il tempo, se e come, questa non impossibile alterazione avvenga, e in qual modo, gli esseri organici tutti vi si possono adattare. Così il tempo insegnerà come gli organismi medesimi potranno sopportare il graduale scemare del calore solare, che è annunziato come probabilissimo, ma esso ancora lentissimo e non completo che in molte migliaia di secoli.

A spiegare la magnifica larghezza colla quale il Sole irradia la sua luce ed il suo calore verso lo spazio, distribuendone una piccola parte alla Terra, ed ai mondi suoi vicini, furono escogitate varie teorie. Si esaminò se l'astro del giorno potesse essere una gigantesca sfera incandescente, rovente, oppure una enorme massa di combustibile bruciante come il carbone e la legna nei nostri forni, o la polvere ed il cotone fulminante nelle mine e nei cartocci. Se fosse vera la prima supposizione, nei due mila anni ultimi, l'uomo avrebbe dovuto avvertire una notevole diminuzione del calore solare; ora ciò non avvenne. Si è poi calcolato che se il Sole che illuminava la costruzione delle piramidi fosse stato di solido carbone, dovrebbe a quest'ora essere quasi del tutto consumato. Ne è d'uopo pertanto cercare altre spiegazioni della costanza e durata dell'irradiazione solare. Probabilmente, anzi sicuramente, una sorgente di calore è la caduta sul Sole dei bolidi e delle stelle cadenti, la cui forza viva di movimento si converte nell'urto in calorico. Sottoposto questo fatto al calcolo, gli astronomi hanno riconosciuto, che benchè la caduta di quei corpi meteorici possa contribuire in qualche misura alla conservazione del calore solare, essa è ben lungi dal sopperirvi intieramente. A ciò pare valga la condensazione del Sole medesimo, secondo le teorie immaginate da Helmholtz e Lord Kelvin.

Le moderne vedute sull'origine del sistema solare, ammettono che esso si sia formato da un

ammasso enorme di materia diffusa fin oltre il pianeta Nettuno. La condensazione di questa materia attorno a regioni più dense ed agenti quali centri d'attrazione, assieme al movimento di rotazione posseduto dalla massa stessa, avrebbe dato luogo alla formazione dei varii pianeti. Questa è però tutt'altro che ben chiarita, ma non è nostro scopo il discutere questo delicatissimo argomento. Il Sole sarebbe il nucleo centrale di quella iniziale massa nebulare, e la sua condensazione e concomitante diminuzione di volume, continuerebbe oggi ancora. Ora succede che in quella vastissima massa gassosa, questa diminuzione di volume, od, il che torna lo stesso, l'accostarsi delle particelle della massa al suo centro, od in una parola la loro caduta produce calore. Cosicchè, malgrado l'irradiazione verso lo spazio la massa aumenta di temperatura, acquistando energia termica. Se la massa di gaz è grandissima, come pel caso del Sole, il procedimento di condensazione vale a mantenere pressochè costanti per lunghissimo tempo, la sua temperatura e la sua irradiazione.

È d'uopo però soggiungere subito che questo innalzamento di temperatura, o per lo meno il mantenimento della costanza di essa ha un limite, e questo è raggiunto quando la massa considerata cessa di obbedire alle leggi che governano i gaz. Da quell'istante incomincia la diminuzione di temperatura del corpo che viene attraversando l'uno dopo l'altro gli stati di liquido e solido. Ciò tanto più rapidamente quanto più bassa è

la temperatura dello spazio circostante al corpo, alla quale questo finisce per scendere. La temperatura dello spazio stellato, in cui si libra il Sole, è la più bassa immaginabile, essendo quella dello zero della temperatura assoluta a 273 gradi sotto lo zero del termometro centigrado.

Così, se veri sono i pensamenti di Helmholtz e Kelvin, fondati sulla moderna termodinamica, il Sole dopo aver mantenuto, per molte migliaia d'anni, pressochè invariata la sua potenza come astro sorgente di luce e calore, andrà raffreddandosi lentamente, per divenire all'ultimo freddissimo ed oscuro, dopo essersi successivamente tinto di rosso e di violetto. Il firmamento ne porge esempi di stelle in questi varii stadii di vita cosmica, come hanno mostrato le più recenti investigazioni con quel mirabile mezzo di ricerca che è l'analisi spettrale aiutata dalla fotografia. Data la massa enorme del Sole e la sua grande densità centrale, gli accennati cambiamenti nel suo stato fisico, si compiranno lentissimamente: si pensa che 20 o 40 milioni di anni, possano bastarvi.

Ecco come il sommo Kelvin conclude le sue ricerche riguardo alla passata e futura storia dell'astro del giorno:

“Sembra, tuttavia, in complesso, probabilissimo che il Sole non illuminò la Terra nel passato per oltre 100 milioni di anni, e quasi certo che non lo ha fatto al di là di 500 milioni di anni. Quanto al futuro poi, noi possiamo dire con uguale certezza che gli abitanti della Terra

non possono continuare a godere la luce ed il calore essenziali alla loro vita, per molti milioni d'anni a venire, a meno che nel grande laboratorio della creazione, se ne preparino sorgenti ora sconosciute „.

E Stawell Ball, uno dei più potenti matematici ed astronomi inglesi, così scrive:

“ Senza dubbio l'astro del giorno contiene una provvigione magnifica di calore attuale o potenziale adeguato a tutte le necessità della vita, per un cielo di ere, che si devono noverare a milioni di anni. Ma tuttavia, è impossibile trascurare il fatto che questo eccessivo largheggiare deve col tempo produrre le sue naturali conseguenze, e che una bancarotta di raggi solari è il destino inevitabile pel nostro sistema. Io dico inevitabile, beninteso con questa condizione, che le condizioni ordinarie della natura si mantengano per l'avvenire quali ora sono „.

I sommi pensatori inglesi, forse i più potenti del mondo, vanno, come si vede, molto cauti nelle loro affermazioni: esempio che dovrebbe essere imitato in paesi di nostra conoscenza.

Per molte migliaia d'anni ancora e quando nuovi delitti, nuovi imperi e nuove favelle terranno il mondo, nella divina luce del Sole, alla radiosa aria di maggio, s'adornerà la terra d'audenti rose e profumate acacie, ed al giocondo rinnovato cielo sorriderà lieta d'erbe, di bimbi e di fanciulle. E per secoli e secoli al mite raggio del Sole d'autunno fioriranno i crisantemi, ultimo saluto che di sotterra ancor mandan gli estinti

a chi di loro pur piange e rammenta. Perchè,
come canta il poeta:

E quando l'ultimo
Fia dei viventi
Sceso nell'ultimo dei monumenti,
E la novissima de le procelle
Insurga a spegnere
L'ultime stelle;
Quando il Creato
Sarà un passato;
Quando una tenebra
Priva d'aurora
Starà perpetua;
Uniti ancora
Vivran continuo
Nel lor fattore
Luce ed amore.

Ma col volger dei tempi intanto, altri destini
van maturando, altra e più remota fine apparec-
chiano all'orbe nostro le leggi di natura.

Là ove il mar si frange furente alla scogliera
e là ove mite bacia la declive sponda, con ritmo
antico, in misurato andare, la spumeggiante onda
s'avanza ed arretra. Dall'ore prime della giovin
Terra, il vasto oceano profondo palpita colla
marea, nè il gigantesco cadenzato moto cesserà
che quando il gelo, irrigidita tutta del mar la
mobil'acqua, allo scoglio avvinta, la stringa in
sempiterno funereo abbracciamento. È un movi-
mento stranamente potente quello della marea,
che sicuro, incessante, toglie alla Terra in lungo
giro di secoli e di ere la vital forza di sua ro-
tazione, ed ogni giorno rallentandone la roteante

corsa, fa che l'un dì dell'altro sia più lungo. Sicuro, incessante, ma tardo così che appena oggi s'incomincia a scoprire nell'attrito delle maree la vera causa di un tenuissimo allungamento del giorno, che le osservazioni hanno solo indirettamente adombrato, ma neppure lontanamente constatato. Per quanto all'allungamento del giorno siderale Adams e Darwin, figlio al grande naturalista, diedero varii valori, la media dei quali è di circa 22 secondi in un secolo: circa 6 decimillesimi di secondo in un giorno, quantità assolutamente non apprezzabile coll'osservazione diretta, ma che il tempo può rendere tale ed efficace. Certo questa ragione di ritardo non fu costante nelle varie fasi della Terra, nelle quali le maree furono senza dubbio altrimenti intense delle attuali; forse fu maggiore nel passato, come sarà minore per l'avvenire, o forse meglio andò ed andrà oscillando fra diversi valori, ma senza fallo agì continuamente. Da ciò si conclude naturalmente che molte migliaia di anni fa la Terra doveva ruotare più rapidamente d'oggi. Per causa delle più alte leggi di natura, la Terra, collo scemare per l'attrito delle maree lunari la sua velocità di rotazione, ha reagito sulla Luna, con un continuo allontanamento dei due astri. Pertanto se mentre la rotazione della Terra si rallenta, la Luna si scosta da essa, quando quella rotazione era più rapida, cioè il giorno siderale più breve, i due astri dovevano stare più d'appresso. Risalendo dunque il passato remotissimo di questa nostra piccoletta Terra dobbiamo tro-

vare un'epoca nella quale il giorno essendo corto assai, la Luna era quasi a contatto con essa. Si è calcolato che in quel tempo, separato dal nostro da milioni d'anni, il giorno doveva essere di tre o quattro ore. In quei giorni, che il pensiero a stento raggiunge, la Luna vicinissima alla Terra circolava attorno ad essa, assai più rapidamente che ora non faccia, in tre o quattro ore, cioè in durata uguale al giorno siderale, alla Terra rivolgendo, come oggi, sempre la parte medesima del suo globo.

Ma quando il giorno siderale era di tre o quattro ore, la Terra, secondo l'ipotesi di Kant e Laplace, era caldissima, forse ancora pastosa, e forse si fu poco prima di allora, che da essa, con processi da noi ignorati, si staccò la Luna. Queste però sono speculazioni poco fondate, più che altro ardite immaginazioni cui talvolta s'abbandonano anche gli astronomi, che non contenti di ricalcare gli andati giorni, si spingono temerari nel più lontano futuro. Seguendoli vedremo che, rallentandosi di continuo la velocità di rotazione della Terra, verrà pure giorno in cui diverrà uguale a quella necessaria alla Luna per compiere la sua rivoluzione attorno alla Terra. Il giorno terrestre, tutto il resto essendosi mantenuto sempre invariato, sarà allora eguale ad un mese lunare. Sul valore di esso non è possibile alcun enunciato un poco approssimato; il più grande riserbo è comandato dalla natura dell'argomento e dalla nostra ignoranza; tuttavia fu arrischiato il numero di cinquanta-

sette dei nostri giorni. Vale a dire in qualche epoca critica del futuro più lontano, la Terra ruoterà sopra sè stessa in 1400 ore attuali, mentre la Luna compirà il suo viaggio precisamente nel tempo medesimo, sempre più scostandosi da quella, e di essa sempre mirando con invariato sguardo, l'emisfero medesimo. Da quell'istante, i due astri, da invincibile mano legati, si muoveranno in perpetuo nello spazio, formando quasi un solo corpo cosmico. Ciò, avvertiamolo subito, se la Terra e la Luna fossero sole nello spazio; la presenza del Sole cambia questo stato di cose. Per azione del Sole, ed in un tempo lungo oltre ogni credere, il duplice astro Terra-Luna, ad una distanza alquanto maggiore dell'attuale, formerà col Sole stesso, un corpo unico e buio, moventesi attorno al comune centro di inerzia. Se ora intervenisse un altro astro, la Terra colla Luna andrebbe poco per volta avvicinandosi al Sole, e finirebbe, nel nuovissimo giorno, per cadere su di esso. L'insigne Kelvin, cui sono dovute queste elevate considerazioni, così le termina:

“ Nello stato attuale dello scibile, noi non possediamo dato per apprezzare l'importanza dell'attrito delle maree e della resistenza del mezzo attraverso il quale si muovono la Terra e la Luna. Ma sia esso, quale si vuole, per un sistema costituito come quello del Sole e dei pianeti, ove continuino ad agire le leggi attuali, e non avvengano perturbazioni per incontri con altre masse nello spazio, non si può dare che un

solo scioglimento finale, cioè il raccogliersi del tutto in una sola massa che, dopo aver continuato per alcun tempo a ruotare sopra se medesima, finirà per divenir ferma relativamente al mezzo che la circonda „ (1).

Carlo Porta, il celeberrimo poeta milanese, che meritò di essere chiamato l'emulo di Giusti, fa dire da un suo personaggio, donna Fabia Fabron de Fabrian, i seguenti versi:

Oramai anche mi, Don Sigismond,
Convegno appien nella di lei paura,
Che sia prossima assai la fin del mond:
Chè vedo cose d'una tal natura
D'una natura tal, che no ponn dars
Ch'in un mond assai proxim a disfars.


Versi che assai bene s'attagliano ai giorni nostri, e forse, a seconda degli umori e dei caratteri, a tutti i tempi. Che che sia di ciò, l'astronomia vi dice che il mondo non è *assai proxim a disfars* e tutta la scienza ne insegna, che la fine del mondo è lontana, lontana assai.

Vero è ben che al chiudersi di una bara che rinsera una adorata sorella o la bionda testolina di una nostra creatura, il cuore si schianta,

(1) Per più ampio svolgimento delle idee di Lord Kelvin e per le obiezioni che si possono fare vedi: *L'evoluzione cosmica della terra secondo le idee moderne*, di OTTAVIO ZANOTTI BIANCO, in *Nuova Antologia*, Serie terza, vol. XXXII, 1891, p. 100, riprodotto nel libro del medesimo autore intitolato *Nel Regno del Sole*, Torino, Bocca, 1897.

ribelle ad ogni amichevole conforto respinge speranze ed amorevoli parole; e intorno a noi in uno strazio indicibile, s'abbuia il cielo e pare sia il fine di ogni creata cosa. Vero è ben che quando sotto l'oltraggio vile della sorte avversa, allo sforzo impotente e rabbioso della mente che tenta afferrare, e non vi giunge, il vero ed il bello, quando sotto la sferza iniqua dell'ingiustizia e della menzogna l'anima si rivolta, agogna alla morte e vita rifiuta, si tinge di sangue il Sole, sibila come avvelenata serpe la voce umana, ci par spenta la natura e coll'ultimo anelito si scaglia al mondo infame l'ultima maledizione. Guai, guai allora, se non ci assiste una fede, non conforta una speranza. Una fede, una speranza, non arida, sterile, meschina, ma alta, pura, sublime, la speranza, la fede nell'immane trionfo del giusto e del buono, e nella forza irresistibile della verità. Quella speranza, quella fede, che dalla croce, dalle torture, dai martirii, dai roghi d'Arnaldo, di Savonarola, di Bruno risorge fenice divina folgoreggiante ed immacolata, si libra sul mondo, lo feconda e lo avviva di libertà e di giustizia. Ma finchè nel cuore palpitano i più alti ideali, finchè il lavoro, supremo bene, è balsamo nel dolore per sua mirabile virtù, finchè nell'occhio di un'amata donna lampeggia il guardo delle generazioni future che anelano alla vita, finchè un padre ne sorregge d'esempio e di consiglio, finchè una madre ci benedice di un bacio, oh! fin'allora, no, non è la fine del mondo! E voi, giovani egregi, attende una lunga

serie d'anni, lusinghiera d'illusioni, e sorridente di speranza: l'avvenire è vostro: impiegatelo bene. Vi son tante ingiustizie da riparare, tante lagrime da tergere, tante verità da scoprire! Mentre romba il tuono e infuria la tempesta delle battaglie umane, il divin genio del pensiero sventola in alto impavido, innanzi a voi, il costellato stendardo della carità e del progresso. Su quella santa bandiera fiammeggia il motto che atterra e suscita, che affanna e che consola — Amore, Sacrificio, Dovero — sia desso il vostro, e per voi, per la generosa, benedetta opera vostra, sia per sempre mendace il detto che il mondo invecchiando peggiora!



ECLISSE DI SOLE

As when the Sun, a crescent of eclipse,
Dreams over lake and lawn, and isles and capes.

TENNYSON, *Vision of Sin*.

Roses have thorns, and silver fountains mud
Clouds and eclipses stain both moon and sun.

SHAKESPEARE, *Sonets*, XXXV.

I.

Dante nel canto ventisettesimo del *Paradiso*,
terzina 12^a, scrive:

Così Beatrice trasmutò sembianza;
E tale eclissi credo che in Ciel fue,
Quando patì la suprema Possanza.

Allude all'eclissi che si vuole avvenisse alla
morte di Gesù Cristo. Su di esso ritorna nel
canto ventinovesimo del *Paradiso* medesimo, ter-
zine 33^a e 34^a.

Un dice che la luna si ritorse
Nella passion di Cristo e s'interpose,
Perchè il lume del Sol giù non si porse;

E altri, che la luce si nascose
Da sè; però agli Ispani e agli Indi,
Com'a' Giudei tale eclissi rispose.

Queste terzine fanno parte di quella tremenda lavata di capo che il Divino poeta lancia ai sacerdoti ed ai predicatori: nella quale poco dopo chiama *favole*, queste ed altre che da molti di essi *in pergamo si gridan quinci e quindi*.

Dante accenna alle due opinioni tenute dai Padri della Chiesa per spiegare l'oscurità che si narra avvenisse subito dopo la morte di Gesù e durasse da sesta fino a nona, da mezzodì alle tre, secondo narrano gli Evangelisti Matteo (XXVII, 45); Marco, (XV, 33); Luca, (XXIII, 44): il quarto evangelista, Giovanni, non ne fa cenno.

Gli Evangelisti non accennano ad eclissi, ma dicono concordi, il Sole scurò, o si fecero tenebre su tutta la terra. Per provare tale oscuramento del Sole gli antichi Padri della Chiesa ebbero ricorso ad autorità pagane, l'istorico Thallus, ed il cronista Phlegone, ma non si ha mezzo di controllare quelle citazioni. Certo non si tratta di un'eclisse naturale, perchè le eclissi di Sole avvengono a luna nuova, e Cristo morì in luna piena pasquale. San Tommaso d'Aquino, l'angelico dottore, discusse a lungo tal fatto, ed accolse l'opinione di Dionigi l'Areopagita. Questi voleva che la Luna, retrocedendo miracolosamente per tre ore, s'interponesse tra la Terra e il Sole, così da intercettarne per tal tempo la luce. Altri invece, ritenendo che l'oscurità prodotta dall'interposizione della Luna è solo completa in dati casi e luoghi, mentre che, secondo gli Evangelisti, le tenebre alla morte di Gesù si estesero a tutto il mondo allora noto, come ap-

punto ripete Dante, immaginarono, che esse fossero causate da un miracoloso repentino ofuscarsi del sole. Dante taccia di menzogneri e gli uni e gli altri; io ritengo che ciò faccia, pensando che affermavano cose non provate, non già, come vuolsi da taluno, perchè egli ritenesse impossibile il miracolo, vale a dire la violazione, sia pur temporanea, dell'ordine naturale delle cose. Dante credeva in Dio onnipotente, ed era troppo logico, per porre in dubbio il miracolo, che di tale onnipotenza è conseguenza diretta, mentre è inammissibile da chi tiene opinione che le leggi di natura sono inviolabili. In ogni modo un eclisse naturale di Sole non vi fu, questo è certo. È però curioso avvertire come il Divino poeta nel passo citato del canto ventisettesimo mostra di credere alla realtà dell'eclisse, che poi qualifica di favola nel canto ventinovesimo.

Dante parla ancora di eclissi nel canto II del *Paradiso*, terzina 27^a :

Se il primo fosse, fora manifesto
Nell'eclissi del Sol, per trasparere
Lo lume, come in un altro raro ingesto.

Beatrice vuol chiarire al poeta la ragione delle macchie lunari, e gli dice: se la luna fosse bucata si vedrebbe, perchè nelle eclissi di Sole, la luce solare emergerebbe dal buco.

Dante menziona ancora le eclissi nel *Convito* (II, 3) e nella *Questione dell'acqua e della terra* (§ 20).

Milton ha un bellissimo paragone di Satana abbattuto col Sole eclissato.

as when the Sun new-risen
Looks trough the horizontal misty air
Shorn of his beams, or from behind the Moon
In dim eclipse, disastrous twilight sheds
On half the nations, and with fear of change
Perplexes monarchs.

Paradise Lost, I, 594, 99 (1).

Qui Milton accenna alle paure suscitate dalle eclissi. Questa superstizione pagana, che ritroviamo nelle Istorie di Tito Livio, nelle Satire di Giovenale e negli Annali di Tacito, vigeva ancora nel medioevo, e Tertulliano vuole che le eclissi siano tristi presagi.

Pericle comandava l'armata degli Ateniesi. Accade un eclisse di Sole che cagiona generale terrore; il pilota stesso trema per timore; si minacciano gravi disordini, ma Pericle rassicura tutti con una similitudine familiare. Si copre

(1)

Appena sorto

Così talvolta il Sol sull'orizzonte
Guarda attraverso il nubiloso cielo
Vedovato di raggi; o della luna,
Nel fosco eclissi, dietro l'orbe ascoso,
Fioca sponde la sua luce funesta
Su metà delle genti, ed i tiranni,
D'alte vicende col terror, sgomenta.

(Versione di Bellati).

Invece di *guarda*, si doveva dire *appare* o *si mostra*, perchè tale è qui il significato di *looks*.

il volto col mantello e dice al pilota: — Credi tu che ciò che io faccio sia foriero di sciagura? — No, certamente, rispose il pilota. — Pure questa è una eclisse per te, riprese Pericle, e non è differente da quella che tu vedi, se non in questo che la Luna essendo più grande del mio mantello, nasconde il sole a maggior numero di persone.

La paura delle eclissi ebbe talvolta delle conseguenze assai strane. Erodoto narra di una guerra durata molti anni fra i Siri ed i Medi verso il 600 a. C., cessata improvvisamente a cagione di tenebre repentine che si produssero durante il giorno. Si combatteva una fiera battaglia quando avvenne un'eclisse di Sole: le due parti ne furono tanto spaventate che deposero senz'altro le armi, e poco di poi conclusero una pace che fu cementata da due matrimoni.

In ricordanza di questa circostanza venne scolpita nelle roccie vicine una grande figura rappresentante l'eclisse. Queste roccie scolpite vengon nei tempi moderni ritrovate da Texier presso il villaggio Boghaskoci nel nord-ovest della Capadocia, e Barth, che le visitò più tardi, riconobbe che esse erano in relazione coll'eclisse di Talete. Questo eclisse ha così, mercè la superstizione, posto fine ad un inutile spargimento di sangue, e fornito un importante documento per la teoria della luna.

Questa storia dei Siri e dei Medi prova una volta di più che le tenebre furono mai sempre favorevoli alle faccende d'amore.

Esiste un'operetta antica in un atto che ha per titolo *Eclipse totale*, le parole sono del signor De La Chabeaussière e la musica di Dalayrac. Solstizio, appassionato cultore d'astrologia, è innamorato pazzo e gelosissimo di Isabella sua pupilla, che a sua volta ama, riamata, Leandro, bel giovane che frequenta la casa. Accade un'eclisse solare, Solstizio non pensa che ad osservarlo mentre tutti lo abbandonano, compresi Isabella e Leandro, che si giovano dell'oscurità prodotta dall'eclisse per fuggire. Solstizio inseguendoli cade in un pozzo, dal quale è tratto fuori, dopo di aver promesso di acconsentire al matrimonio d'Isabella e Leandro. Galeotto fu l'eclisse e forse Solstizio non ne avrà più osservati altri.

Un astrologue, un jour, se laissa choir
Au fond d'un puits, on lui dit: Pauvre bête,
Tandis qu'à peine à tes pieds tu peux voir,
Penses-tu lire au dessus de ta tête?

LA FONTAINE.

L'eclisse che sgomentò i Siri ed i Medi avvenne nel 585 a. C. e fu il primo che sia stato predetto. L'astronomo che compì questa prodezza matematica fu Talete da Mileto, uno dei più acuti filosofi dell'antichità: naturalmente la predizione non aveva l'esattezza delle odierne, che vanno fino al minuto secondo; ma, cosa mirabile per quei tempi, si verificò nell'anno pel quale era stata pronunziata. Per fare la sua predizione Talete si servì di un periodo astronomico detto

Saros, probabilmente scoperto dai Caldei, i più grandi astronomi dell'antichità. Il *Saros* è un periodo di 6585 giorni ed un terzo circa (1), in capo al quale i centri del Sole e della Luna si trovano assai prossimamente nelle medesime posizioni relative che avevano al principio, e vengono soddisfatte certe condizioni essenziali alla esattezza del *Saros*. Così in generale l'eclisse di un dato anno sarà la ripetizione di un simile fenomeno avvenuto 18 anni innanzi, e che avverrà di nuovo 18 anni dopo. L'eclisse del 1896, ad esempio, fu un ritorno di quelli famosi del 1878, 1860, 1842, e se ne avranno altre ripetizioni nel 1914 e 1932.

Nel 1895 il matematico inglese Stockwell ha scoperto un nuovo periodo di ricorrenza delle eclissi, che può tornare grandemente utile nella discussione delle eclissi antiche. Segue dai calcoli di Stockwell, che se in un dato giorno dell'anno tropico accade un'eclisse, ve ne sarà stato un altro nel giorno medesimo dell'anno tropico 372 anni prima, e ve ne sarà un altro 372 anni dopo. Applicando questo suo ciclo solare, Stockwell trova che il 10 ottobre 2136 a. C. avvenne un'eclissi, che fu visibile come parziale su tutta la China. Secondo la tradizione i due astronomi cinesi Ho ed Hi furono dannati a morte per non

(1) Più esattamente 6585,32116, all'epoca 1900, ed è equivalente a 18 anni, 11 giorni e $\frac{1}{3}$, o 18 anni, 10 giorni ed $\frac{1}{3}$ se avvennero cinque anni bisestili.

aver predetto tale eclisse, il qual fatto è rammentato nei seguenti versi inglesi:

Here lie the bodies of Ho and Hi,
Whose fate, though sad, was risible.
Being hanged because they could not spy
Th'eclipse which was invisible. (1)

In un'altra occasione di un eclisse in China, le nubi coprirono il cielo, ed impedirono le osservazioni. I cortigiani s'affrettarono a felicitare l'imperatore perchè il cielo ammirato delle sue virtù gli aveva risparmiato la pena di vedere " il Sole venir mangiato „. Si avverta che presso molti popoli, e fra questi i Chinesi e gli Indiani, si vuole che quando il Sole e la Luna sono eclissati, si è perchè un immane drago cerca colle sue enormi ganasce di afferrarli ed inghiottirli; donde i rumori assordanti, gli scoppii, le urla della gente per spaventare il mostro e farlo fuggire.

Qualcuno ha voluto vedere nel seguente passo del profeta Amos (VIII, 9) la predizione di un eclisse: " E avverrà in quel giorno, dice il Signore Iddio, che io farò tramontare il Sole nel mezzodì e spanderò le tenebre sopra la terra in giorno chiaro „ forse accennato anche in un altro versetto del Profeta medesimo (V, 8). L'eclisse

(1) Qui giacciono le salme di Ho ed Hi, il cui destino quantunque triste, fu ridicolo. Essendo stati impiccati perchè essi non poterono scorgere l'eclisse che non era visibile.

cui si allude è quello che avvenne nel 763 a. C., dieci anni prima della fondazione di Roma, e che secondo i calcoli di Johnson sarebbe stato quasi totale a Ninive verso le 10 del mattino del 15 giugno. La descrizione di quest'eclisse, assai chiara, fu letta nel 1867 sulle tavolette assire Eponym possedute dal Museo Britannico: esso avvenne sotto il regno del monarca assiro Assur-day-an e di Uzziah, re dei Giudei, durante la prima parte della vita del profeta Isaia.

Smith nel suo *Smaller Dictionary of the Bible* connette il passo di Amos (VIII, 9) con un'eclisse che sarebbe avvenuto il 9 febbraio 784 a. C. e che sarebbe stato visibile a Gerusalemme poco dopo il mezzodì. Menant, nel suo libro *Ninive et Babylone*, non menziona neppure questo'eclisse. Ma l'assiriologo Bosanquet e l'astronomo Todd, come Johnson, connettono l'eclisse del 763 al passo di Amos.

Le storie antiche e del medio evo registrano più o meno chiaramente molte eclissi, più o meno autenticamente contemporanee di grandi avvenimenti. Due astronomi italiani, Millosewicz e Celoria, si occuparono con molta dottrina di alcune di esse.

In taluni libri l'eclisse di Talete si fa avvenire nel 584 a. C. Ciò dipende dal fatto che alcuni contano gli anni prima di Gesù secondo i cronologi e gli altri secondo gli astronomi. Aritmeticamente gli anni a. C. dei cronologi sono di un'unità maggiori di quelli degli astronomi.

Nel fissare per l'eclisse di Talete la data

28 maggio 585 a. C. abbiamo seguito, come generalmente si fa, la cronologia di Des Vignoles, accettata e confermata da Airy. Giova però avvertire che Oltmann, studiando quest'eclisse, di cui Erodoto ci lasciò memoria, dimostrò che non poteva essere che uno avvenuto il 30 settembre 610, mentre Volney sosteneva fosse uno verificatosi il 3 febbraio 626. Ideler, cronologista ed illustre storico tedesco, accetta intieramente l'opinione di Oltmann.

Oggidì la paura delle eclissi è cessata presso le nazioni civili: nel 1868 i Chinesi ne temevano ancora tanto, che a quanto racconta il P. Faura, si gettarono nelle imbarcazioni presso la sponda per sfuggire al disastro: essi non furono neppure rassicurati dalla presenza degli astronomi, che stavano a terra coi loro strumenti pronti alla osservazione.

L'astronomo francese Janssen, che osservò questo medesimo eclisse nell'India inglese, narra che gli indigeni, che erano stati messi a sua disposizione per servirlo, fuggirono al principiar dell'eclissi, e si buttarono in acqua attenendosi alle loro prescrizioni religiose, indicate per scongiurare il cattivo spirito, che secondo loro minacciava il sole.

Di paura per l'eclisse dicesi morisse nell'840 Lodovico il Bonario. Quest'eclisse avvenne il 5 maggio 840, verso il mezzo del giorno, il Sole stando alto in cielo. Le ricerche moderne hanno provato che l'oscurità ha durato assai più di quello che altra volta si supponesse poter avve-

nire alle latitudini della Germania centrale (Magonza). Per la prima volta fu allora avvertito il fatto che gli oggetti ed il paesaggio cambiavano gradatamente di colore durante la totalità. Si scrisse: " Non apparve differenza alcuna da una vera notte, così che le stelle splendevano senza alcuna diminuzione di luce „. L'oscurità totale durò per cinque minuti attraverso all'attuale Baviera.

A proposito del mutamento di colore ecco che cosa scriveva l'illustre P. Secchi nel 1875, descrivendo nel suo *Soleil* i fenomeni generali che si osservano durante un'eclisse totale:

" Ce qui frappe alors, ce n'est pas seulement l'affaiblissement de la lumière, c'est surtout le changement de couleur que présentent les objets. Tout devient triste, sombre et comme menaçant. Le paysage le plus vert se recouvre d'une teinte grise; dans les régions les plus élevées et les plus voisines du Soleil, le ciel prend une couleur de plomb, tandis que, auprès de l'horizon, il devient d'un jaune verdâtre. Le visage de l'homme présente une teinte cadavérique, analogue à celle que produit la flamme de l'alcool saturé de chlorure de sodium. Cette teinte jaunâtre, et surtout l'abaissement de température, semblent accuser une diminution dans la puissance vitale de la nature „.

Circostanze secondarie, che non hanno di per sé alcuna importanza, contribuiscono talvolta singolarmente a dare a queste impressioni alcun che di grandioso. Così nel 1842, una nube che

era a poca distanza dal Sole, apparve agli occhi del grande astronomo Airy come una massa enorme rovinante sulla Terra con una rapidità spaventosa.

Gli animali sembrano risentirsi assai delle eclissi. Il P. Secchi scrive che gli insetti si nascondono al pari dei piccoli uccelli. Clavio, narrando di un'eclisse totale da lui osservata il 21 agosto 1560 a Coimbra in Portogallo, scrive: " Il Sole restò oscurato per non breve tempo; l'oscurità era maggiore di quella della notte, non si vedeva dove si ponesse il piede, e gli uccelli, meraviglioso a dirsi, cadevano a terra per lo spavento che cagionò loro sì grande oscurità „. A questo'eclisse assistette, in Copenhagen, Tycho Brahe, di quattordici anni; ciò determinò l'indirizzo della sua vita, risvegliando la sua vocazione per l'astronomia.

L'effetto delle eclissi sugli animali, specie sugli uccelli fu ben constatato in occasione di quello del 28 maggio 1900, l'ultimo grande'eclisse del secolo decimonono.

A proposito dell'oscurità durante un'eclisse totale ne piace qui riferire quanto ne scrisse il D.^{re} Michele Rajna, astronomo all'Osservatorio di Brera in Milano.

" In fatto di eclissi solari si leggono e si sentono spesso ripetere delle esagerazioni. Certo che è uno spettacolo singolare e anche grandioso, se si vuole, l'oscurità che sottentra di pieno giorno, a ciel sereno, per due o tre o quattro minuti, al chiarore sfolgorante del Sole „.

“ Il cielo tutto cupo e gli oggetti terrestri poco illuminati e tinti di color gialligno tendente al rosso spandono d’ogni intorno un non so che di tetro, che ferisce l’animo degli spettatori „. Così scrisse l’astronomo Ciccolini, professore a Bologna al principio di questo secolo. Quando è nuvolo, continua il medesimo autore, riferendo un’opinione del matematico Canterzani, suo collega, la nostra vista rimane limitata alle nubi, le quali diffondono una parte della luce del Sole e la distribuiscono tutto all’intorno ugualmente: quindi, se a cielo annuvolato c’è un’eclisse totale, noi non vediamo il buio del cielo, e tutti gli oggetti ricevono un chiarore, debole bensì, ma tutto equabile, e perciò l’animo dello spettatore non resta così ferito come nel caso del cielo sereno „.

“ A ogni modo, senza eclisse, le nubi non si fanno talvolta così dense da obbligarci ad accendere i lumi nelle nostre case? Allora, press’a poco, siamo nelle condizioni di un’eclisse totale, con la differenza che l’oscurità può durar delle ore intere. E quell’eclisse totale che avviene ogni giorno dopo il tramonto del Sole perchè lo si dimentica? Semplicemente perchè è cosa di tutti i giorni e ci siamo abituati „.

“ Durante un’eclisse totale l’oscurità deve realmente parer più grande del vero, per ragione di contrasto, ma da questo all’idea comune di tenebre fitte ci corre assai. Sommamente concludenti sono le esperienze che Francesco Carlini fece all’Osservatorio di Brera durante l’eclisse

dell'8 luglio 1842, con un metodo fotometrico molto ingegnoso. Il cielo era in massima parte sereno: soltanto v'era a nord-ovest, all'orizzonte, una striscia di nubi che impedì di vedere dorate dai raggi solari le cime del Monte Rosa, che restava fuori della zona di totalità. Ebbene, il Carlini trovò che all'istante di mezzo dell'eclisse rimaneva diffusa sugli oggetti terrestri un'illuminazione uguale a quella che è prodotta dal crepuscolo nel momento in cui il Sole è a 8 gradi e 24 primi sotto l'orizzonte. Intorno all'8 di luglio, queste medesime circostanze si verificano, alle nostre latitudini, la mattina a 3 ore 19 minuti, e la sera a 20 ore e 41 minuti, di tempo vero; ossia rispettivamente a 3h 24m e 20h 46m di tempo medio locale, e per Milano a 3h 47m e 21h 9m del nostro attuale tempo dell'Europa centrale. Il principio di luglio non è lontano: si provi a uscir fuori all'aperto a quell'ora, con cielo sereno, e si vedrà se in quel momento si è immersi nelle tenebre della notte „.

“ È verissimo che durante un eclisse totale di Sole si vedono a occhio nudo le stelle più brillanti e i grossi pianeti, come Venere, Marte, Giove. Ma non è men vero che quando il Sole, dopo il tramonto, si trova a 6 gradi e mezzo di profondità sotto l'orizzonte, diventan visibili le stelle di prima grandezza situate a levante. Questo momento corrisponde alla fine del *crepuscolo civile*, e segna l'ora di accender i lumi nelle case, benchè il cielo sia sereno. Le stelle di seconda grandezza vengon fuori alla sera, se sono a levante, quando

il Sole si trova verso 8 gradi e mezzo o 9 di profondità. Qui siamo press'a poco nelle circostanze determinate dal Carlini, e si vede che si esagera di molto se si parla di tenebre fitte in luoghi aperti ».

“ Recentemente il professore W. H. Pickering (fratello del celebre direttore dell'Osservatorio di Harvard College) ha trovato che l'intensità fotografica della luce del cielo attorno al Sole, durante un eclisse totale, equivale press'a poco a quella della regione circostante alla stella polare, tre minuti dopo che la stella è divenuta visibile a occhio nudo, alla sera. Inoltre — questo sia detto per incidenza — egli ha pure trovato che per riuscir a fotografare le stelle deboli sul fondo chiaro del cielo, bisogna aumentare la lunghezza focale della lente, piuttosto che l'apertura; cosa manifesta anche ragionando *a priori* ».

“ L'eclisse più memorando per la nostra regione fu quello già citato del 1842. Ma al principio del secolo ve ne fu un altro, che fece anch'esso parlar molto di sè. Agli 11 febbraio del 1804 vi fu un eclisse anulare, in cui la linea di centralità traversava la Marca d'Ancona, l'Umbria, la Sabina e il Patrimonio di S. Pietro. L'ora dell'eclisse era verso mezzogiorno. A Roma la grandezza della fase massima era di 97 centesimi del diametro, a Bologna di 95, a Milano di 91. Non si sa come, si diffuse dappertutto, nei nostri paesi, il falso annunzio di un eclisse totale, e trovò gran credito la diceria che di pien mezzo-

giorno si dovesse piombare nelle tenebre della notte „.

“ Per giunta vi fu, qui a Milano, allora capitale della Repubblica Italiana, un giovine segretario al Ministero dell'interno, educato a piè del Vesuvio (come dice un contemporaneo), che scaldò la testa al ministro, e lo indusse a scrivere al suo collega del culto che bisognava avvisare le popolazioni col mezzo del Clero, affinchè non restassero sgomentate dal fenomeno. Il ministro del culto (prosegue lo stesso narratore), il quale doveva supporre che fossero stati interrogati gli astronomi di Brera, come nei casi contenziosi s'interroga il fisco, spedì la circolare. Figuriamoci come crebbe l'aspettazione popolare! A Bologna, a Padova, e specialmente a Venezia (dice un altro scrittore di quel tempo) il pubblico si era molto riscaldata l'immaginazione e credeva di aver tenebre, nel colmo dell'eclisse, come a mezzanotte „.

“ Ma venne il giorno fissato, e il cielo fu nuvoloso quasi dappertutto nell'Italia superiore e anche in Toscana. A Venezia, dove pure fu nuvoloso, il pubblico, che vide in quei momenti “ esser restata luce sufficiente da poter leggere e scrivere, decise francamente che gli astronomi avevano sbagliato nel calcolo, disprezzandoli grandemente „. Corsero scommesse di 50 e 100 zecchini, che l'eclissi non era successo. A Milano fu visto per un istante, tra le tenebre, il Sole eclissato, ma pare che tra la gran gente che guardava in aria, ben pochi se ne siano accorti, perchè

il fatto dell'eclisse annunziato e non visto fece scrivere al Porta un sonetto (a dir il vero più felice per il concetto che per la forma), in cui la "sospensione", dell'eclisse è satiricamente attribuita all'onnipotenza di Bonaparte. E naturalmente furono in molti a credere che gli astronomi di Brera si fossero sbagliati nei loro calcoli, quantunque essi, annunziando l'eclisse nelle *Effemeridi astronomiche per l'anno 1804* (pubblicate nel 1803), non avessero parlato menomamente di eclisse *totale*, nè di oscurità più o meno profonda „.

L'astronomo che si trova collocato convenientemente sopra un'altura può facilmente tener dietro al cammino rapidissimo dell'ombra totale che s'avanza come minacciosa, tanto che in molte relazioni si parla di essa, come di alcunchè materiale che scorra sulla Terra con incredibile velocità, ed in una di esse si legge: "Involontariamente io attendevo il mugghiare d'un vento impetuoso „. Forbes, un osservatore fortunato, vide questo fenomeno, dalla basilica di Superga, sui colli presso Torino: egli allude alla stupefazione prodotta in lui da quell'ombra procedente rapidissima: "Rimasi intontito per un momento, quasi che il ponderoso monumento sottostante a me s'inclinasse verso la parte donde veniva l'eclisse „. Il professore americano Langley, uno dei più illustri cultori della fisica solare, parla dell'apparenza distinta e strana dell'ombra che si avanzava nell'eclisse del 29 luglio 1878, che egli ebbe la ventura di guardare dalla vetta del Pikés

Peak, vetta di altezza sul mare superiore ai 4000 metri.

Il capitano Pistoia, a Augusta (Sicilia), nel 1870 vide quest'ombra procedere e traversare il cielo caliginoso colla velocità del lampo. Il signor Marchisio dalla sommità del faro del Capo dell'Armi, in Calabria, la vide venire dall'Etna e traversare il mare con una rapidità meravigliosa.

Quando il Sole è tutto oscurato, e la totalità è completa, cessa ogni rumore, ogni lingua divien muta, un silenzio solenne regna sulla natura durante quella momentanea notte. “ In mezzo ad un cielo plumbeo si stacca un disco perfettamente nero, circondato da una stupenda aureola di raggi argentei, fra i quali scintillano dei getti di fiamme rosee. Questo spettacolo è ad un tempo terribile e sublime „ (1). “ D'un tratto l'ultimo raggio scompare, ed io sono assordato da uno scoppio d'applausi e di evviva, che si partono da quella immensa moltitudine. Tutte le mie fibre s'elettrizzano, ed un fremito s'impadronisce di me; guardo il Sole, e mi trovo di fronte al più attraente spettacolo, che si possa immaginare. L'astro del giorno era sostituito da un disco nero, nero come la pece, circondato da un'aureola brillante analoga a quella che si rappresenta attorno alla testa dei santi „. “ A tal vista fui colpito di meraviglia; perdei una parte considerevole di quei preziosi momenti, e fui sul punto di scordare lo scopo del mio viaggio. Dalle de-

(1) SECCHI, *Le soleil*.

scrizioni che avevo letto, m'aspettavo bensì, di vedere attorno al Sole una certa luminosità, ma debole e crepuscolare; mentre io vedeva una aureola brillante, il cui splendore, vivissimo sull'orlo del disco, diminuiva gradatamente e spari-
riva ad una distanza eguale a circa il diametro della Luna. Io non avevo previsto nulla di simile „. “ Ben presto mi riebbi da tale meraviglia, e posi di nuovo l'occhio al cannocchiale, dopo aver tolto dall'oculare il vetro nero. Una nuova sorpresa m'attendeva. La corona di raggi che circondava il disco era interrotta in tre punti da immense fiamme di colore di porpora, il cui diametro era di circa 2 minuti. Esse apparivano tranquille e presentavano lo aspetto istesso delle vette nevose, illuminate dal Sole al tramonto. Mi fu impossibile il distinguere se queste fiamme erano nubi o montagne; mentre stavo studian-
dole per determinarne la natura, un raggio di Sole brilla nelle tenebre, vivifica la natura, ma m'immerge in quella tristezza che risente chi vede sparire l'oggetto dei suoi desideri al mo-
mento in cui stava per afferrarlo „ (1).

Ho riprodotto il passo di Secchi e quelli di Baily, perchè esprimono mirabilmente l'impres-
sione prodotta in chi veda per la prima volta un'eclisse di Sole, e perchè vi si fa cenno di fe-
nomeni sui quali dovremo trattenerci alquanto.

(1) BAILY, Relazione sull'osservazione dell'eclisse totale di sole dell'8 giugno 1842, osservato a Pavia: ivi folla grande s'era radunata nelle strade per osservare l'impo-
nente fenomeno celeste.

II.

L'ultimo eclisse totale di Sole visibile in Italia fu quello del 22 dicembre 1870; ma la linea dei luoghi dai quali lo si vedeva totale, passava per la Sicilia e la Calabria; e da queste regioni molti astronomi italiani l'osservarono. Fra essi solo superstite è il Tacchini, già direttore dell'Osservatorio del Collegio Romano in Roma e dell'Ufficio centrale di meteorologia e geodinamica: ad esso si deve un bellissimo disegno della corona, assieme ad altro ricco materiale, riferentesi principalmente alle proeminenze solari, che grandemente abbelliscono lo splendido volume di relazioni dell'eclisse, pubblicato nel 1872 dalla Commissione che era stata incaricata dal Governo dell'osservazione di esso. Si noti che il tempo era tutt'altro che propizio.

L'astronomo francese Janssen, uno dei più illustri cultori della fisica solare, vivamente desideroso di osservare il menzionato del 1870, con un pallone volante uscì da Parigi assediata dai Prussiani, portando con sè le parti essenziali di un cannocchiale a riflessione, specialmente costruito per raccogliere dati circa la corona. Si recò ad Orano in Algeria, ove al momento dell'eclisse si trovò davanti una cortina di nubi, meno sormontabile delle linee prussiane attorno a Parigi. Gli astronomi sono preparati a questi brutti tiri del tempo. Il viaggio dell'astronomo

inglese Lockyer da Londra alla Sicilia, il suo naufragio sulla " Psyche „, furono *ricompensati* con un'occhiata all'aureola solare di *un minuto secondo e mezzo!*

Janssen e Lockyer, due illustri nomi! Gli scienziati che li portano, che sono fra i più autorevoli per quanto concerne il Sole, son vivi e forti, sempre sulla breccia, e la scienza fa voti perchè le siano conservati a lungo.

Janssen, or sono pochi anni, quasi settantenne, si fece portare sul Monte Bianco, in una portantina appesa ad una scala a piuoli per istituirvi delle osservazioni sulla presenza dell'ossigeno nel Sole. Poi coll'aiuto di intelligenti mecenati francesi fondò e fornì d'istrumenti l'Osservatorio astronomico sulla vetta stessa del Monte Bianco, che darà certo col tempo buoni risultati.

I nomi di Lockyer e Janssen andranno poi per sempre uniti nell'istoria dell'astronomia, perchè essi contemporaneamente, in occasione del grande eclisse totale del 18 agosto 1868, scoprirono il modo di poter osservare le protuberanze solari, anche quando non vi sono eclissi: scoperta importantissima, sorgente di molte altre.

III.

Discorrendo nelle pagine che precedono delle eclissi totali ci venne fatto di menzionare la corona, l'aureola, le protuberanze solari: sarà bene il chiarire che cosa significhino quelle parole: ciò

facendo impareremo come si ritenga oggidì costituito il Sole.

Il Sole è un corpo immane che dista dalla Terra di circa 148.500.000 chilometri, milione più, milione meno, s'intende: il suo raggio è di 692.428 chilometri, ossia quattro volte la distanza della Luna dalla Terra. La densità del Sole è un quarto di quella della Terra, od in altre parole, a parità di volume la Terra è quattro volte più pesante del Sole. La forza d'attrazione del Sole alla sua superficie è ventisette volte maggiore di quella della Terra; a parità pertanto di tutte le altre circostanze sarebbe impossibile il vivervi ad esseri costituiti come noi siamo.

Con ciò non si afferma nè che il Sole non è abitato, nè che non possa esserlo; sono questioni quelle, che l'astronomia lascia completamente in disparte. Sarebbe però strano, che la natura così feconda e potente, si fosse limitata, in fatto di creature intelligenti e ridenti, come fu definito l'uomo, al mal seme d'Adamo, ed avesse popolato l'universo di mondi senza abitanti, di regni senza re e senza sudditi; ma tiriamo via, lasciando agli immaginosi romanzieri della scienza il fantasticare al riguardo. Se vi fossero astronomi sul Sole, che altri volle già fare il soggiorno dei beati, quando noi vediamo un'eclisse di Sole, essi vedrebbero un bell'eclisse di Terra. Ciò perchè la Luna interponendosi fra noi ed il Sole, intercetta la luce che dal Sole viene a noi, e che fa che la Terra splenda d'ordinario in cielo,

come la Luna od un altro pianeta qualunque. È curioso il rammentare che or sono circa 120 anni, un certo dott. Simmons, perito medico di un dotto signor Elliot, che aveva ucciso una Miss Boydell, ne sostenne la pazzia, appoggiandosi a ciò che egli aveva, in un lavoro presentato alla Società Reale di Londra, affermato che il Sole poteva essere abitato.

Il Sole ruota sul proprio asse in 25 giorni e 4 ore e mezza circa, così che un punto del suo equatore percorre in un'ora 7091 chilometri.

Or come mai, dirà taluno, si è potuto determinare questa durata di rotazione, se il Sole appena appena lo si può guardare dietro un vetro nero, od alla guisa dei nostri padri per riflessione in una secchia d'acqua?

Avvertiamo anzitutto che quando guardano il Sole, gli astronomi muniscono i loro cannocchiali di vetri intensamente colorati in rosso od in nero o preferibilmente in giallo, in verde, in bleu, o con tinta neutra; artificio che serve pei piccoli cannocchiali, ma non vale pei grandi.

In questi il calore concentrato dalle lenti è tale che i vetri si spaccano o si fondono con grande facilità; si ricorre allora ad apparecchi speciali che qui non è il caso di descrivere. Talvolta lo si osserva per proiezione, facendo cadere l'immagine prodotta dal cannocchiale sopra un disco di carta sul quale la si guarda direttamente; rammento che l'immagine proiettata sul disco è capovolta per rispetto a quella che si osserverebbe guardando direttamente nel cannocchiale.

Questa poi, se il cannocchiale è astronomico, è capovolta rispetto all'astro, e quindi l'immagine che si vede per proiezione è disposta precisamente come l'astro in cielo.

Guardando dunque il Sole con un cannocchiale o con uno dei mezzi suindicati, si scorge subito che la sua superficie non è perfettamente unita e tersa, ma qua e colà chiazzata da spazi oscuri, od almeno relativamente meno luminosi, che furono detti macchie.

Anche prima dell'invenzione dei cannocchiali si erano osservati ad occhio nudo dei punti neri sul Sole. L'opera cinese del dotto cinese Ma-Twan-Lin contiene un notevole quadro di 45 osservazioni fatte in un lasso di tempo di 904 anni dal 301 al 1205 d. C. e pubblicato solo un venticinque anni fa. Così negli anni 807, 840, 1096, 1588 erano state viste in Europa, sul Sole, quando era presso all'orizzonte, delle macchie nere, che vennero ritenute pianeti in congiunzione, ovvero fenomeni la cui causa era sconosciuta. Keplero stesso, nel 1607 vide una macchia solare e credette di assistere al passaggio del pianeta Mercurio sul Sole. Nel 1610 Giovanni Fabricius riuscì a vedere una macchia considerevole e a studiarne le apparenze ed il moto. Da questo si fu che egli, pel primo, s'avvide che il Sole era animato da un movimento di rotazione intorno al suo asse: ma questa osservazione non fu pubblicata che più tardi, quando altri osservatori, armati di cannocchiale, avevano ottenuto migliori risultati. I trattati della storia dell'astronomia con-

tengono la narrazione della scoperta delle macchie solari, che Galileo nel 1611 mostrava ai letterati di Roma dal giardino Bandini. Lo svolgersi e l'applicarsi dell'osservazione delle macchie solari e dei loro movimenti condusse alla determinazione assai precisa della rotazione del Sole, quale fu data poc'anzi.

Le macchie si presentano spesso a gruppi; la loro parte centrale è buia, e vien detta *nocciolo* od *ombra*, il contorno è formato da una mezza tinta che si chiama la penombra, le loro dimensioni sono estremamente variabili, al pari del loro numero. Esse sono assai rare nelle regioni solari molto lontane dall'equatore, nei pressi del quale sono pur poco numerose; abbondano in certe regioni intermedie che furono dette *zone reali*.

Il numero delle macchie sul Sole varia in modo periodico, ad intervalli regolari è massimo e minimo. La scoperta di tale periodicità regolare data dal 1851, anno nel quale Schwabe pubblicò, per la prima volta, il risultato di 25 anni d'osservazione. Durante questo spazio di tempo egli aveva esaminato il Sole in ogni giorno sereno, ottenendo una descrizione quasi perfetta di tutte le macchie che vi si vedevano. Egli aveva incominciato il suo lavoro senza alcuna idea di arrivare al risultato cui giunse, e parlando di sè stesso narra: " che come Saulle si era messo alla ricerca delle asine di suo padre ed aveva trovato un regno „. Dopo Schwabe, molti astronomi si sono occupati della periodicità delle macchie so-

lari, ed i loro studi condussero alla conoscenza della durata di essa, che è di circa 11 anni.

Recenti studi hanno dimostrato che le variazioni del magnetismo terrestre vanno soggette ad una periodicità, che concorda perfettamente con quella delle macchie solari; prova secondo alcuni evidente della relazione dei due fenomeni. Altri studi inducono a creder probabile un'altra relazione fra le macchie solari e certe vicende meteorologiche terrestri; ma i risultati non sono punto indiscutibili; non sono per nulla quindi da accettarsi come stabilite le relazioni da taluno additate, fra le siccità, le carestie, l'abbondanza dei raccolti e le macchie del Sole.

Circa la relazione tra il magnetismo terrestre e la periodicità delle macchie, ed i fenomeni solari in generale, Lord Kelvin, fin dal 1892, sollevò delle gravissime obiezioni, così fondate e rigorose da porre la questione sotto un punto di vista affatto nuovo, e tale da richiederne lo studio fin dal bel principio.

Nello stato attuale della scienza si ignora completamente la causa dell'accennata periodicità e delle relazioni fra essa e taluni fenomeni terrestri: la ricerca di essa costituirà un problema di profondo interesse per i futuri lavori degli astronomi e dei fisici. Per ora si ammette, avendo riguardo alla variazione simultanea della forma e della posizione delle macchie, che queste siano delle cavità a forma d'imbuto, che lasciano scoperta la struttura della superficie solare, la quale presenta all'esterno uno strato molto brillante e

relativamente sottile, che vien detto *fotosfera*, ed all'interno una massa più oscura.

Come e perchè si formino le macchie solari, in qual rapporto esse stiano colla struttura granulare della fotosfera, e con quelle formazioni a grani di riso, od a foglie di salice che si osservano variamente luminose sul fondo della fotosfera e che diconsi granulazioni e facule, ignorasi tuttora.

Il vero studio della fisica solare è cosa assai recente, e molto esso ha già insegnato, *molto* che è *nulla* a petto di quanto rimane ad imparare.

L'Italia in questo ramo dello scibile tiene un posto distinto, cui già la portò Angelo Secchi, ed al quale la sostengono i viventi Tacchini e Riccò, astronomi l'uno a Roma l'altro a Catania: e vive nel nostro paese un pregiatissimo periodico, unicamente, si può dire, occupato di lavori sul Sole.

Delle varie teorie proposte fino al giorno d'oggi, scrive Stawell Ball, uno dei più grandi astronomi viventi, nessuna rende intieramente conto in modo soddisfacente di tutti i fenomeni che le macchie del Sole presentano, guardati con tutti i mezzi odierni, nè di quelli che ci presentano la loro distribuzione sulla superficie dell'astro e la loro periodicità nel tempo.

Qualunque sia la causa della struttura e configurazione delle macchie e della superficie solare in generale, certo è che lo stato d'agitazione continuo che questa ci mostra, i movimenti, le

mutazioni di quelle ci attestano, che lo stato superficiale dell'astro del giorno non è solido ed è sede di moti e cambiamenti grandiosi ed incessanti, segni di una immensa attività. Questa attività è soggetta a variazioni periodiche, che debbono a loro volta influire sulle radiazioni luminose e calorifiche, e reagire così sui pianeti, che ricevono dal Sole il calore, la luce e la vita.

IV.

Un'altra manifestazione della prodigiosa attività solare sono le già menzionate protuberanze rosee, che si osservano così bene nelle eclissi, staccantisi in color roseo sull'argento della corona. Osservando ad occhio nudo un'eclisse totale, il fatto che colpisce di più è l'aureola brillante che circonda la Luna, e che ha ricevuto il nome di *corona*. Gli antichi l'avevano notata, e ne fanno menzione Plutarco nella sua opera *De facie in orbe lunae*, e Filostrato un secolo più tardi nella vita di Apollonia da Fyana, dove narra che la morte dell'imperatore Domiziano ad Efeso fu annunciata da un'eclisse totale.

La più antica osservazione ove si trovi menzione della corona, risale, secondo il Muratori, che la cita, al 1239. Il cronista racconta che si vide un cerchio attorno al Sole, con un becco infiammato nella parte inferiore. Si tratta senza dubbio di una protuberanza. Clavio osservò la corona a Coimbra il 21 agosto 1560 e ne parla con meraviglia; l'osservò di nuovo il 9 aprile 1567

da Roma, ma suppose che fosse un orlo del Sole non nascosto dalla Luna. Keplero dimostrò col calcolo della posizione relativa del Sole e della Luna che ciò non era possibile, e ritenne quell'apparenza come prodotta da un'atmosfera circondante il Sole o la luna. Keplero provò così che l'eclisse osservato da Clavio non aveva potuto essere anulare.

Qui ci si consenta di aprire una breve parentesi. Le eclissi di Sole si verificano solo a luna nuova, e possono essere, parziali, totali, anulari o centrali, secondo che il Sole è solo in parte, o totalmente celato dalla Luna, ovvero così che intorno ad essa rimanga apparente ancora una porzione anulare del suo disco: o da ultimo quando nelle eclissi anulari o totali, il luogo terrestre dal quale si vede l'eclisse è in linea retta coi centri del Sole e della Luna.

Tanto le eclissi parziali che totali cominciano e finiscono come un'eclisse parziale; la totalità, centralità, o la condizione anulare durano solo per pochi minuti, verso il mezzo dell'eclisse. La massima durata di un'eclisse totale per un punto dell'equatore terrestre è di otto minuti; mentre uno anulare può mantenersi tale per qualche cosa più di dodici minuti. I punti della Terra, che hanno il Sole sopra l'orizzonte durante un suo'eclisse non lo vedono tutti egualmente, alcuni non lo vedono affatto. Gli astronomi sanno determinare, per ogni luogo della Terra, le varie fasi, e la durata, e l'istante di ogni eclisse; ciò fanno parecchi anni innanzi che l'eclisse accada.

Si hanno anzi dei cataloghi di eclissi per molti anni a venire: il più esteso e moderno è quello dovuto all'astronomo austriaco Oppolzer, frutto di lunghi e laboriosi computi.

Ora chiudasi la non breve parentesi, e torniamo alla corona. Pare che essa producesse forte impressione sugli spettatori dell'eclisse del 31 agosto 1030, quando in Norvegia a Stiklastad, si combatteva fieramente fra il re Olao il Santo ed i suoi sudditi pagani; vuole la leggenda che il re vi morisse. Longfellow nel suo bellissimo canto: *The Saga of king Olaf* nei *Tales of a way side Inn*, non tocca dell'eclisse. Secondo il sig. Johnson, e l'*Encyclopedia Britannica*, quest'eclisse in Norvegia non sarebbe stato che parziale, così che l'opinione di Hansteen, che le manifestazioni rossastre del 1030 fossero dovute alla luce zodiacale, sembra a molti non improbabile.

Si fu solamente nel grandioso eclisse del 1842, che si divenne famigliari colla corona e colle protuberanze. Molti fra i viventi d'oggi rammentano questo eclisse, che fu ben visibile nell'Italia settentrionale, nella loro adolescenza, e che destò quel vivo interesse che ancora oggi si mantiene per tali fenomeni naturali. Esso avvenne nel mattino dell'8 luglio 1842 e fu totale per varie regioni popolate d'Europa.

L'oscurità fu profonda. Arago ci racconta che le bestie da soma cessarono dal lavoro, e nessuna percossa poté indurle a muoversi finchè non riapparve il Sole. Gli uccelli ed altri animali smisero

di mangiare; si trovarono dei fanelli morti nelle loro gabbie, e perfino le formiche cessarono dalle loro occupazioni. I miei genitori che ragazzetti assistettero a questo eclisse mi narrano che le galline andarono ad appollaiarsi come al giungere della notte. I cavalli delle diligenze, all'opposto, sembravano essere insensibili al fenomeno quanto le locomotive. I convolvoli e qualche altra pianta chiusero le loro foglie; ma quelle delle sensitive rimasero aperte. A Perpignano, nei Pirenei, dove erano andati ad osservare, Arago e Laugier, rimasero in casa solo i malati gravi, ogni altra persona era fuori a vedere l'eclisse. Malgrado ciò una calma profonda regnò durante i due minuti di totalità.

Il fenomeno di quest' aureola argentea, che sotto le più svariate forme si espande attorno al Sole eclissato totalmente, fu studiato con tutti i mezzi dei quali può disporre la scienza d'oggi, ma malgrado ciò intorno ad esso domina grandissima incertezza. Pare accertato che sia un fatto solare. Le più strane figure si disegnano in quel vaporoso contorno, che dipartendosi dal Sole, si estende talvolta a distanze enormi da esso.

Si racconta che il professore Snell di Amherst College, domandò un giorno ad un suo allievo della classe d'astronomia una definizione della corona solare. Lo studente, dopo lunga esitazione, sentendosi in procinto di pronunziare una solenne castroneria, dichiarò apertamente, che aveva ben saputo che cosa era la corona solare, ma che

l'aveva dimenticato. " Qual perdita incalcolabile per la scienza! „ esclamò scherzando spiritosamente il professore; " l'unico uomo che abbia mai saputo che cosa è la corona solare, lo ha dimenticato „. Ciò è vero oggi ancora: nessuno ha spiegato, nè analizzato intieramente quella meravigliosa e multiforme aureola argentea che le eclissi ne rivelano. Non che manchino le teorie, ma tutte falliscono a rendere ragione dei fenomeni, come le descrizioni non valgono a darne una idea: appena i disegni e le fotografie possono servire a porgercene una fredda rappresentazione geometrica. Chi vuole la corona un'atmosfera gassosa che circonda il Sole, chi la ritiene una materia gassosa eruttata dal Sole, o da lui ricevuta, in moto per le forze di eiezione, attrazione, rotazione solare, o forse repulsione di qualche natura: altri sostiene che, a somiglianza dell'anello di Saturno, consista in uno sciame di particelle meteoriche, animate da rapidissimo moto così da essere impedito di cadere sul Sole. Ancora taluni con Huggins pensano per contro, che la corona sia dovuta ad una incessante caduta di meteoriti, analoghe alle nostre stelle cadenti, frantumi di comete disgregate. Il professore americano Newton, da poco rapito alla scienza, ed autorevolissimo in fatto di astronomia meteorica, ritiene quella opinione assai poco probabile.

Schaberle propose una teoria meccanica, Bigelow una magnetica, ma nè l'una nè l'altra resiste all'ultima prova di predire intieramente

e correttamente la configurazione dei raggi della corona. La teoria meccanica ammette che la corona sia prodotta da luce emessa e riflessa da correnti di materia ejettata dal Sole a mezzo di forze che agiscono in generale lungo linee normali alla superficie solare. Fondandosi su queste sue idee il dott. Schaberle annunciò che nell'eclisse del 16 aprile 1893, la corona avrebbe dovuto avere la forma, che egli indicò in un disegno: la forma osservata sfortunatamente non corrispose per nulla a quella annunciata.

Secondo quanto pensa il professore Bigelow, la luce della corona, è semplicemente una conseguenza del magnetismo solare, che determina la posizione e direzione dei filamenti luminosi che compongono la corona. Una relazione analoga a quella che unisce gli efflussi luminosi dell'aurora boreale e la Terra, unirebbe così le irradiazioni della corona col Sole.

Il dott. Huggins riuscì ad ottenere alcune fotografie della corona, anche senza eclisse. L'analisi, collo spettroscopio, della luce della corona, ha permesso di conchiudere, che in essa vi è dell'idrogeno, ed un'altra sostanza, il *coronium*, finora sconosciuta sulla Terra.

Il dott. Schuster concorda col dott. Huggins nell'idea che i filamenti brillanti della corona sono probabilmente dovuti a scariche elettriche: è però poco ammissibile che una sola ipotesi possa rendere ragione di una manifestazione così complessa.

Frattanto ecco in breve quanto si può rite-

nere come meno malfondato intorno a questo argomento.

La corona può ritenersi come un'appendice solare, lo attestarono nel 1893 le ricerche del signor Deslandres, che dimostrano come essa ruoti col Sole attorno al suo asse: una piccola porzione della sua luminosità, la più accosto al disco solare è forse dovuta a fenomeni ottici di diffrazione prodotti dal lembo della Luna; mentre la parte più interna appartiene ad un'atmosfera solare. Lo spettroscopio prova che le regioni intermedie provengono da materia incandescente, meno calda però che la superficie solare; il polariscopio a sua volta ne fa edotti che alla formazione di quelle regioni concorre luce riflessa da particelle possibilmente meteoriche, ma più probabilmente di polvere o di qualche sorta di nebbia. Nelle ricerche sulla polarizzazione della luce della corona s'occupò molti anni sono il senatore Blaserna attuale direttore dell'Istituto fisico in Roma. L'estendersi poi della corona lungo l'eclittica (che in modo rimarchevole si sviluppa in coincidenza col minimo delle macchie solari), suggerisce l'idea di una possibile originaria connessione colla luce zodiacale.

La luce zodiacale è una luminosità a forma di cono, che accompagna il Sole, e che si può scorgere ad occidente dopo il tramonto del Sole, o ad oriente prima del suo levare. Essa deve il suo nome a ciò che il suo asse all'incirca coincide collo zodiaco. In Europa dove la luminosità della luce zodiacale è più debole assai di quella

della via lattea, le epoche più adatte per vederla sono i giorni vicini agli equinozii in marzo ed in settembre. La natura e la causa della luce zodiacale, non sono meno problematiche di quelle della corona. Tanto che giustamente scrisse un grande astronomo e pensatore: " Assai probabilmente quando noi avremo spiegato le irradiazioni dell'aurora boreale, e le code delle comete, noi avremo imparato qualche cosa intorno a queste sostanze di tessitura quasi spirituale, che costituiscono la corona solare „.

Il dott. Huggins emise l'idea originale, che la corona possa essere stata molto più luminosa ed estesa nelle primitive epoche geologiche, che non oggi; così che se il cielo era allora sereno, come al presente, essa avrebbe ancora dovuto essere visibile nella prima remotissima infanzia dell'umanità. Egli domanda: " Non se ne trova traccia filologica nelle più antiche idee e parole connesse col Sole? „.

Forse si potrebbe trovare risposta a tale domanda in talune figure che si trovano scolpite in antichi monumenti, quali lo scrigno di granito ad Edfou, ed il letto di Faraone a File, ed il monumento ittita di Saktsch-gözü, che rappresentano il Sole alato, in guisa da rassomigliare assai da vicino al Sole colla corona quale fu disegnato dall'americano Newcomb, uno dei più potenti astronomi viventi, nell'eclisse del 29 luglio 1878, e da Langley, altro americano, fra i maggiori cultori della fisica solare, nell'occasione medesima. Il tipo di corona cui corrispondono queste ed altre rappresentazioni del Sole alato

a Karnak ed a Luxor, coincide con un minimo delle macchie solari.

È utile il mettere a confronto l'ipotesi del dott. Huggins sulla maggiore luminosità ed estensione della corona solare con quella di un dotto geologo francese, De Lapparent, che vuole che nelle epoche geologiche, nelle quali Huggins ammette si verificasse la sua supposizione, il Sole ancora quasi nebuloso, certo meno denso di adesso, fosse molto più esteso di quello che ci illumina, ed avesse un diametro apparente circa novanta volte maggiore dell'attuale. Ipotesi che al suo autore pare possa render ragione di molti fenomeni, che a lui sembrano altrimenti inesplicabili. Se le due ipotesi possano concordarsi e ridursi ad una, non è qui luogo a discutere; non mi risulta che i due autori fossero a conoscenza dei lavori l'uno dell'altro, e credo sia per la prima volta qui, che esse sono poste a pajo. Certo è qui il caso di rammentare l'opinione di due sommi uomini, Laplace e Kelvin:

“ La géologie sous ce point de vue qui la
“ rattache à l'astronomie pourra, sur beaucoup
“ d'objets, en acquérir la précision et la certi-
“ tude „. “ LAPLACE „.

(1) “ Geology in framing its conclusions is
“ compelled to take into account the teachings
“ of other sciences „.

“ Sir WILLIAM THOMSON, ora Lord KELVIN „.

(1) Nel formulare le sue conclusioni, la geologia, è costretta a tener conto degli insegnamenti delle altre scienze.

V.

Void of light

Save what the glimmering of these livid flames
Cast pale and awful (1).

Nell'eclisse dell'8 luglio 1842, oltre la corona, un altro fatto mirabile attrasse l'attenzione degli astronomi: si furono certe protuberanze di color rosa o fior di pesca che emergevano dal disco lunare oscurante il Sole come immani colonne di fiamma. La sorpresa destata negli astronomi da questo fenomeno inatteso fu tanta che non concesse loro di fare delle osservazioni precise, di guisa che le loro relazioni su di esso non s'accordarono punto.

L'astronomo inglese John Herschel, scrivendo alla sua venerabile zia Carolina Herschel, sorella ed aiuto al grande William Herschel, le racconta che quando nel mattino dell'8 luglio 1842, quelle rosse e brillanti fiamme apparvero fuori dal nero disco lunare, la folla in Milano proruppe inconsciamente e bovinamente nel grido: "Es leben die Astronomen," (Viva gli astronomi). A noi italiani ora si affaccia l'idea, quasi certezza, che quel grido *tedesco* non partì dai Milanesi, ma dalla soldatesca imperiale che

(1) Prive di luce se non quella fioca e paurosa che gettava il bagliore di quelle livide fiamme.

a quell'epoca ancora infestava quella splendida città.

Certo gli astronomi non si meritavano quegli evviva, giacchè, malgrado talune osservazioni anteriori, delle quali non avevano tenuto conto, non si erano preparati all'esame di quel fenomeno. Il primo a descrivere queste protuberanze rosse fu il professore svedese Vassenius, il quale osservò a Gottenburg un'eclisse totale avvenuto in maggio del 1733. Poi le vide Don Antonio Ulloa, ammiraglio spagnuolo, durante un'eclisse totale il 14 giugno 1778, essendo a bordo della nave *Spagna* tra le Azorre ed il Capo S. Vincenzo. Egli s'accontentò di pensare che appartenessero al Sole stante il loro ardente colore e grandezza; pensò che potevano essere dovute a qualche fessura o disuguaglianza nel lembo della Luna, attraverso alle quali passava la luce solare. Qualcuno volle trovare un'allusione a queste protuberanze in Firmico, in relazione con l'eclisse del 17 luglio 334 dell'era volgare; la loro strana bellezza fu avvertita da Keplero nel 1605; altri ancora le notarono, ma nessuno potè darne una spiegazione.

L'eclisse del 1851 porse occasione ad indagini più accurate. Si notò ancora che la Luna gradatamente copriva porzioni delle protuberanze rossee l'una dopo l'altra. La loro origine e connessione solare apparve certa, perchè man mano che il nero globo della Luna passava sul Sole, non solamente le fiamme da una parte divenivano piccole ma crescevano dalla parte opposta:

ciò però fu messo fuori di dubbio nell'eclisse totale del 18 luglio 1860, che fu visibile parzialmente anche in Italia; mercè specialmente quell'incomparabile ed infallibile occhio che è la macchina fotografica. Dopo quell'epoca in tutte le eclissi le protuberanze furono oggetto di studi speciali, nei quali il nostro Tacchini si è conquistato un'incontestabile autorità.

Si è dimostrato che queste protuberanze rosee, curiosissimi oggetti celesti, di dimensioni e forme e movimenti svariatiissimi, sono veramente, come indica la loro apparenza, masse enormi di gas incandescenti, e si è scoperto una ingegnosa disposizione a mezzo della quale è possibile vedere le protuberanze senza dover aspettare l'occasione delle eclissi. Questa scoperta, che fece di tanto progredire lo studio delle protuberanze, permettendo di studiarle continuamente, fu fatta separatamente e indipendentemente dal francese Janssen e dall'inglese Lockyer, nel 1868. Il Governo francese, con una larghezza di vedute che lo onora altamente, conscio dell'importanza del ritrovato, fece coniare una medaglia d'oro in onore dei due scienziati. Non è qui il caso di entrare in dettagli tecnici; basti l'osservare che il principio del metodo dipende dal carattere particolare della luce delle protuberanze, che quel mirabile apparecchio che è lo spettroscopio, permette di isolare dallo splendore prodotto dagli ordinari raggi solari. Le protuberanze sembrano essere sporgenze di uno strato rosso di gas incandescente che cir-

conda il Sole; questo strato è quello che fu chiamato *cromosfera*, e da taluni assai raramente *sierra*: si dice *fotosfera* la superficie visibile del Sole. Ecco che cosa scrive Yung, un'autorità riconosciuta, circa la fotosfera:

“ E, sebbene non sia qui il caso di trattare in disteso ed in dettaglio quest'argomento, possiamo aggiungere che tutto ciò che noi possiamo imparare sulla temperatura e la costituzione del Sole, ci rende pressochè certi che la superficie visibile detta fotosfera non è che un guscio di nubi luminose perfettamente simili alle nuvole della nostra atmosfera, con questa differenza, che le goccioline d'acqua onde son composte le nubi terrestri, sono sostituite sul Sole da goccioline di metalli fusi, e che l'atmosfera solare nella quale esse stanno sospese è la fiamma di un fuoco ardente che brucia con una furia ed intensità inconcepibili. Siccome noi la guardiamo da una distanza di centoquarantanove milioni di chilometri, a prima vista noi non vediamo negli oggetti, quali le granulazioni o le facule, la prova di tale agitazione; ma quando noi trasformiamo le nostre misure in cronometriche di cambiamenti quasi impercettibili in chilometri ed in velocità e che noi ci figuriamo la scala del moto, noi comprendiamo poco a poco il loro significato e cominciamo a comprendere di che si tratta „.

Le dimensioni di talune di quelle grandi fiamme che costituiscono le protuberanze sono davvero maestose, esse serpeggiano ed ondeg-

giano come le nostre fiamme terrestri, quando si dia del tempo in relazione alle loro dimensioni gigantesche, diecine e centinaia di chilometri. Alcune protuberanze sono quiete a forma di nubi; altre rassomigliano repentine eruzioni di qualche enorme ed inconcepibile vulcano solare; si è perciò che Young le ha classificate in eruttive e quiescenti. Gli innumerevoli disegni ormai ottenuti delle protuberanze, spesso mostrano completi cambiamenti in poche ore ed anche meno. Il professore Young fu testimone dell'innalzarsi di una protuberanza in un'ora e mezza fino all'altezza di mezzo milione di chilometri; essa poi si dileguò in poco più di mezz'ora. La grandezza di questi mutamenti costringe ad ammettere che essi avvengano con velocità non inferiore a duecento chilometri al minuto secondo. Tutti questi fatti concorrono a dimostrare che la superficie del Sole è la sede delle più spaventose tempeste, delle più formidabili bufere, nelle quali i venti infuriano con raffiche tremende tra vapori incandescenti. Huggins ha detto molto bene: " Le immaginose e poetiche descrizioni dell'inferno di Dante e di Milton rimangono molto al di sotto delle scene ordinarie della superficie solare „.

Al dottor Huggins devesi l'aver portato il metodo Lockyer-Janssen per l'osservazione, senza eclisse, delle protuberanze, al punto da poterle vedere tutte intiere in una volta, mentre prima non se ne poteva esaminare che una parte dopo l'altra. Ora si fa meglio ancora, si fotografano

le protuberanze; ed il professore Hale, americano, col suo ingegnoso spettroeliografo ottiene con una sola lastra e con una sola esposizione belle rappresentazioni della cromosfera circondante completamente il Sole.

VI.

L'analisi della luce delle protuberanze ha insegnato che il gas caldissimo che le costituisce è idrogeno misto a qualche altro corpo.

Lo spettroscopio, quel portentoso istrumento che ha fatto questa rivelazione, ci ha fatto conoscere ancora quali altre sostanze entrino nella composizione chimica del Sole: esse sono poco meno di quaranta, ed altri elementi vi si riscontrano che finora sono da noi sconosciuti.

La possibilità di conoscere di che sia composto il Sole parve al filosofo Comte un problema che l'uomo non avrebbe mai potuto sciogliere, al pari di quello della costituzione degli altri corpi celesti:

“ Nous concevons la possibilité de déterminer leurs formes, leurs distances, leurs grandeurs, et leurs mouvements, tandis que nous ne saurions jamais étudier par aucun moyen leur composition chimique ou leur structure minéralogique. ”

Fraunhofer, Kirchoff e Bunsen scoprendo l'analisi spettrale, che permette di riconoscere la natura di una sostanza ed il suo stato, dalla luce che emette bruciando, o quando essa è resa incandescente, smentirono in parte l'affermazione

del grande filosofo. Noi ora sappiamo, in parte non grande, di che siano composti gli strati superficiali del Sole, di molte stelle, di talune comete; dell'interno non conosciamo assolutamente nulla, ed assai probabilmente l'umanità non giungerà mai a saperne di più. Quanto ai pianeti l'asserto di Comte è rigorosamente esatto, la scienza non possiede oggidì alcun mezzo che valga a far conoscere se la materia onde sono composti è formata di sostanze simili o diverse da quelle che riscontriamo sulla Terra, nel Sole e nei più remoti mondi lucenti che la notte ne svela. Per i pianeti l'analisi spettrale è impotente, come per la Luna: non brillando essi che di luce solare riflessa, che nulla ci può insegnare a quel riguardo.

Nel Sole si ritrovano molti metalli, non il platino e l'oro, e l'astrologia aveva fatto del Sole il simbolo dell'oro. È bensì vero che nella fabbricazione del metallo *argentaurum*, che il dottor Emmens fabbrica in America coi dollari messicani, e che le zecche del nuovo mondo trovano identico all'oro e comprano e pagano come tale, pare entri l'influenza dei raggi solari. In una recentissima lettera all'illustre chimico e spiritista inglese Crookes, il dottor Emmens dice che per la trasmutazione dei dollari americani si richiede una temperatura bassissima. E gli alchimisti sudavano tra fornelli ardenti alla ricerca della pietra filosofale; ma chi sa che un giorno non si ritorni ai loro procedimenti, ed allora i chimici dell'avvenire si stupiranno forse, che per

la trasmutazione dei metalli si sia ricorso al freddo. — È ormai quasi accertato, specie per opera di Janssen e Düner, che nel Sole non vi è ossigeno, questa sostanza così essenziale alla vita di tutti gli organismi terrestri.

Nel Sole, era stato scoperto a mezzo dell'analisi spettrale, da Lockyer, un corpo non conosciuto sulla Terra, cui appunto per ciò fu imposto il nome di *elio*, designazione in greco del Sole. Nel 1895, il chimico inglese Ramsay, quello stesso che con lord Rayleigh scoprì l'*argon*, studiando lo spettro di un gas rarefatto, estratto dal raro minerale, la *clevite*, riconobbe le linee caratteristiche dell'*elio*, donde ne concluse la presenza in quel minerale. Secondo il signor Clève, l'*elio* sarebbe un gas avente una densità doppia di quella dell'idrogeno.

Nel Sole, astro della luce e del calore, non si potè finora accertare la presenza di quell'ossigeno che sulla Terra è indispensabile alla produzione ordinaria della luce e del calore. E sì che sul Sole del calore non deve mancarne, se può irradiarne da secoli sì enorme quantità con sì inesauribile munificenza. La temperatura del Sole è elevatissima, ma intorno all'apprezzamento regna un disaccordo completo, spiegabilissimo in questioni di tale natura, dipendenti da ricerche e sperimenti difficili, per i quali non si posseggono ancora i mezzi adeguati. Il P. Secchi ammise una temperatura solare di parecchi milioni di gradi, che poi ridusse a tre o quattro centinaia di migliaia. La mente umana non può

giungere a farsi un'idea di un simile stato calorifico, nè di quello che può essere la materia sottoposta ad esso, come a stento può appena rappresentarsi la condizione di cose che corrisponde allo zero assoluto della temperatura che sta a 273 gradi centigradi sotto la temperatura del ghiaccio fondente. Dalle investigazioni di Rossetti, Le Chatelier, Wilson, Gray risulterebbe una temperatura di 10000 gradi centigradi, che altri abbassano fino a 6200. Sulla Terra coll'impiego dell'elettricità si raggiungono temperature di circa 5000; a temperature molto più basse si vaporizza il carbonio.

Ora possiamo chiederci donde mai il Sole attinga così enorme quantità di calore, e se questa sia stata sempre eguale, o sia venuta scemando, e per quanto tempo possa durare ancora. Per rispondere a simili domande, così connesse colla storia della Terra e dell'umanità, ci converrebbe entrare addentro nelle teorie varie proposte e nella costituzione del Sole. Ciò faremo a miglior agio altra volta, se i cortesi lettori ci consentiranno d'intrattenerci seco loro intorno al calore dell'Universo.

VII.

In quanto precede abbiamo veduto quanti problemi di fisica solare rimangano insoluti, e non è esagerato il dire, che di essa appena la parte descrittiva può dirsi ben avviata, mercè la fotografia specialmente; quanto al resto supposizioni

più o meno attendibili o poco più. È quindi naturale che gli astronomi cerchino di giovare di tutte le circostanze possibili per far progredire le nostre cognizioni in questa direzione. Nei tempi andati le eclissi si studiavano dal punto di vista della posizione del Sole e della Luna; ora essenzialmente, se non unicamente, da quello della loro costituzione fisico-chimica. L'esperienza del passato prova che è sempre possibile una sorpresa, la scoperta, la constatazione di un nuovo fatto, tanto nel campo solare che in altri.

Talvolta si scoprirono comete durante un'eclisse: così una ne fu vista il 19 luglio dell'anno del Signore 418, durante una oscurazione del Sole, che probabilmente fu totale, un po' al sud di Costantinopoli; ed un caso simile fu menzionato da Seneca. Solamente durante le eclissi totali sarà possibile risolvere una questione molto agitata fra gli astronomi, quella dell'esistenza di un pianeta fra Mercurio ed il Sole. Nell'eclisse del 29 luglio 1878, due astronomi americani, James C. Watson a Rowling (Wyoming Territory) e Lewis Swift nel Colorado, videro questo pianeta: disgraziatamente le loro osservazioni non concordavano troppo, furono acerbamente censurate, e da quasi tutti gli astronomi ritenute false: Watson e Swift sostennero strenuamente, fino alla morte, le loro affermazioni.

Nelle eclissi successive questo ipotetico pianeta, cui fu dato da Le Verrier il nome di Vulcano, fu con tutta cura, ma infruttuosamente cercato da Holden, Trouvelot, Palisa e Pickering. Ciò

non prova nè che quel corpo non esista, nè che Watson e Swift abbiano veramente veduto quello od altro ignorato piccolo globo celeste. La fotografia celeste delle eclissi, ora assai facile, applicata durante le lunghe totalità che si presenteranno in avvenire, risolverà forse la questione e darà forse conferma al seguente periodo di Stawell Ball: " Tuttavia noi non possiamo credere che un astronomo così esperto come il signor Watson, si sia sbagliato. Egli è stato uno dei più felici scopritori di piccoli pianeti e, non improbabilmente, la posterità dovrà ammettere, quando il pianeta, od i pianeti, intramercuriali saranno meglio conosciuti, che la prima osservazione attendibile di essi fu fatta da Watson „.

Tutte le nazioni civili da molto tempo mandano comitive di scienziati, muniti dei più acconci istrumenti, ad osservare le eclissi nelle più lontane regioni del mondo. L'Italia fa quello che può, e sfortunatamente è assai poco, quasi nulla.

Anche in questo campo seriissimo s'incontrano talvolta dei bei tipi d'originali; fra questi merita speciale menzione il sig. J. J. Aubertin, un inglese naturalmente. Nel 1894 questo signor Aubertin pubblicò a Londra un libro intitolato: *By order of the Sun to Chile to see his total Eclipse april 16 1893* (1). Cinque anni or sono il signor Aubertin, vide una copia del numero del 13 ottobre 1892 della celebre rivista scientifica inglese *Nature*,

(1) Al Chile per ordine del Sole onde vedervi il suo eclisse totale del 16 aprile 1893.

contenente una lettera sul prossimo eclisse: andò a casa e sognò un sogno curioso.

Nella sua visione gli si presentò il Sole, che gli ordinò di cingersi i lombi e di andare a vedere l'eclisse nel deserto di Atacama. Ciò per spiegare lo strano titolo del libro. Il signor Aubertin, trascurando la leggenda che i sogni devono eseguirsi al rovescio, e la realtà dei suoi 75 anni, andò al Chile, s'unì all'astronomo americano Schaberle, che vi era stato mandato ad osservare l'eclisse, ed eseguì così gli ordini ricevuti da Febo, e, come naturale conseguenza, pubblicò il suo libro.

Le missioni scientifiche che vanno ad osservare le eclissi sono dispendiose assai, faticose sempre, penose spesso; si è perciò che si pone gran cura nello scegliere il luogo nel quale fare stazione. Gli astronomi sanno, molto tempo prima che una eclisse avvenga, determinare i punti della superficie terrestre nei quali sarà totale: Fra tutti questi, che stanno sulla così detta *linea di totalità*, bisognerà scegliere quelli di più facile accesso, per gli astronomi e per le numerose e voluminose casse che contengono i loro cannocchiali ed apparecchi; e poi (e questa è condizione essenzialissima) che siano tali da offrire grandi probabilità di bel tempo pel giorno dell'eclisse. Se infatti il tempo non è favorevole, si ha una notevolissima perdita di tempo e di denaro, senza contare la delusione e la fatica dei poveri astronomi. Diviene quindi necessario quanto mai lo studio del clima e delle condi-

zioni meteorologiche dei luoghi situati lungo la linea di totalità, onde poter, basandosi su di esse, fare una scelta giudiziosa. Malgrado questa, nell'eclisse del 9 agosto 1896, il tempo, che fu cattivo quasi ovunque, impedì di cavare grande profitto agli astronomi del mondo intiero che si erano recati per le loro osservazioni. I più fortunati furono i Russi, che pur restando in casa loro, favoriti dal tempo, riuscirono ad ottenere molte e belle fotografie.

Il 22 gennaio del 1898 ebbe luogo un eclisse totale di Sole, visibile come tale attraverso all'Africa equatoriale, al Mare Arabico ed all'India occidentale.

L'illustre inglese Sir Norman Lockyer, uno dei dotti più autorevoli, degli osservatori più ingegnosi, attivi e fecondi nell'astronomia fisica, ha di recente pubblicato un notevole studio su quell'eclisse, alla investigazione del quale furono naturalmente applicati gli ultimi trovati, i più perfezionati apparecchi in fatto di analisi spettrale e di fotografia celeste.

Per molti anni in Inghilterra non si vedranno eclissi totali, il primo vi accadrà nel 1927. La Spagna è fra le regioni d'Europa la più favorita per questo rispetto, essa già vide quelli del 1842, 1860, 1870, 1900, e vedrà quello del 1905. Quanto al nostro bel paese, prima che vi si riveda un eclisse totale di Sole passeranno molti anni. Il primo eclisse totale visibile nell'Italia del Nord avverrà il 15 febbraio del 1961.

L'eclisse del 28 maggio 1900 fu osservato

anche dagli astronomi italiani Riccò e Tacchini in Algeri. È vivamente a desiderare che l'Italia possa presto fornire i suoi astronomi degli istrumenti necessarii a tali osservazioni, che loro permettano di stare a pari con quelli delle altre nazioni.

Si racconta che nel secolo scorso un'elegante dama francese, stava a tarda sera leggendo il *Mercure*, giornale che si pubblicava allora in Parigi, e vi trovò che l'astronomo Cassini annunciava per le undici e mezza della sera stessa uno stupendo eclisse lunare. Una smania subitanea di veder quel curioso fenomeno invase la bella donna; chiamò la cameriera e si fece vestire, pettinare, incipriare, dare il belletto, assicurare i nèi, desiderosa di apparire seducente agli astronomi dell'*Observatoire*. Con ciò una buona ora trascorse, e la cameriera osservò che se non si faceva presto, si sarebbe giunti ad eclisse finito. Che sciocchina! esclamò la dama, ma non sai che il signor Cassini è fra i miei migliori amici, ed avrà senza dubbio la cortesia di ricominciare per me! Salita in vettura, l'elegante signora si fece condurre all'osservatorio: già era notte avanzata, s'informò dell'eclisse:

N, i, Ni: c'est fini.

Répondit Cassini.

15 gennaio 1898 (con aggiunte nel marzo 1902).



IL CALORE DEL SOLE

Die Sonne tönt nach alter Weise (1).

Neppur tu lo scordasti, bella mia, e nelle vicende di tua vita affannosa l'oblio non travolse e cancellò il ricordo di quella sera! In me pure vive saldo e profondo. Giove brillava sul fondo cupo del cielo senza luna, tu lo guardavi attraverso ai vetri del cannocchiale e mi chiedevi; là sull'ermo maniero, nell'alto silenzio della notte: — Come arde quell'astro che così luccica? Forse colà è incendio d'ogni altro terrestre maggiore? — Io non ti risposi, forse fu quella, favilla che ben altri incendi accese. Ma no, mia dolce amica, Giove non arde, lo dice la moderna astronomia. Quel suo splendore, al pari di quello di Venere e degli altri pianeti, glie lo largisce il Sole, e riflettendolo lo restituisce al freddo spazio che lo circonda, e noi perciò lo vediamo. Largo quanto il pensiero non comprende, dispensiere di luce, di calore e vita è il Sole; da secoli irradia

(1) Il sole suona come suonava anticamente.

per l'etra, e non s'affievolisce mai la sua regale possanza. Una leggenda messicana anzi vuole che altra volta fosse soverchio il calore che il Sole mandava alla Terra, e così che il mondo fu ad un punto di esserne ridotto in ceneri. Il male non sarebbe stato grande, ma quei Messicani, che, poverini, trovavano la vita bella, lo persuasero ad osservare la massima di Talleyrand: " Surtout pas de zèle „, lanciandogli una famosa salve di frecce. La punizione fu efficace ed il Sole non diede mai più in *iscandescenze* e la sua condotta è regolare e da persona a modo. Stavo per scrivere da uomo a modo, ma pensando che in molte lingue il Sole è femmina, scrissi *persona*, così ognuno può prenderla secondo che gli talenta. Che il Sole fosse persona, d'altronde, lo credettero tutte le mitologie. Oggi non più, e la scienza insegna che il Sole è una stella, come quelle che la notte ci paiono chiodi d'oro infitti in una cupola di cupo zaffiro; la stella a noi più vicina, che con molta degnazione e cortesia regola e governa le faccende umane, assai più che i signori uomini, così innamorati del loro libero arbitrio, che non è se non vana chimera, vogliono ammettere.

A spiegare la magnificenza con cui il Sole ci inonda di luce e di calore furono immaginate molte teorie. La scienza non può dire quale sia la vera, ne esclude talune perchè incompatibili con certi fatti inconcussi, espone le altre come supposizioni probabili, che l'esperienza però non potrà mai convalidare.

I.

Per farci un'idea della potenza calorifica del Sole basti il dire che ogni metro quadrato della sua superficie emette tanto calore, che se fosse trasmesso ad una gigantesca caldaia a vapore, il vapore prodotto sarebbe capace, secondo i calcoli di lord Kelvin, di fornire una potenza di ben 78000 cavalli vapore. In altre parole, ogni metro quadrato della superficie solare irradia tanto calore che basterebbe a mantenere in movimento per un anno una mezza dozzina di potenti bastimenti a vapore transatlantici che camminassero giorno e notte colla loro massima velocità. Ciò può dare un'idea della larghezza colla quale è prodigato il calore solare.

Calcolando il numero dei metri quadrati contenuti nella superficie solare e moltiplicandoli per 78000 si ha un prodotto di quattrocento e settantasei mila milioni di milioni di milioni di cavalli vapore che il calore del Sole può in ogni istante produrre. Come si spiega questa incomparabile potenza?

Si potrebbe pensare che il Sole sia un'immane sfera solida incandescente che vada gradatamente dispensando il suo calore per irradiazione. Ma la fisica insegna che se questa fosse la sola sorgente del calore solare, questo sarebbe diminuito così che in due mila anni si sarebbe notato una notevole variazione in tutti i fenomeni che

ne dipendono. Ora la storia ci dice che nulla di simile è avvenuto, quindi questa prima ipotesi è insostenibile.

Fu poi provato che anche se il Sole fosse tutto di carbone ardente nell'ossigeno puro, rifornitogli man mano dal di fuori, non potrebbe durare che circa 3000 anni; dal principio dell'era cristiana sarebbe diminuito di tanto da ridursi ad un terzo, del che per fermo non si ha neppure il più lontano indizio.

Gli Inglesi hanno introdotto, nello studio del calore solare, una unità di calore proporzionata alla grandiosità dei fenomeni. Chiamano *unità-carbone*, la quantità di calore che si otterrebbe bruciando, nell'ossigeno puro, una quantità di carbone eguale in peso alla massa solare. Stawell Ball ha calcolato, che un'*unità di carbone* basterebbe a sopperire nell'irradiazione solare, quale essa è presentemente, per 2800 anni.

Quindi bisogna cercare altrove la fonte che fornisce il suo calore al Sole, perchè coi fenomeni ordinari di combustione e raffreddamento e colle leggi che li regolano sulla Terra, quello rimane non spiegato. Bisogna senz'altro escludere che il Sole sia formato di sostanze diverse da quelle onde è composta la nostra Terra; giacchè quel mirabile mezzo d'investigazione che è la analisi spettroscopica c'insegna che molte sostanze sono comuni al nostro astro di fango ed all'astro della purissima luce. Forse sul Sole esiste qualche sostanza che finora non fu ritrovata sulla Terra, il che non vuol dire che non vi esista: informino

i corpi l'*argon* e l'*elio*, il *neon*, il *cripton*, il *metargon* da così pochi anni scoperti. Più plausibile è la supposizione che sul Sole la materia, che vi si trova in condizioni così diverse dalle terrene, goda di proprietà a noi finora sconosciute. Ipotesi non assurda, ma che implicando l'ignoto non ci serve a nulla.

L'esistenza dell'ossigeno sul Sole non è provata, sebbene probabile: è invece accertata in modo indiscutibile quella del carbonio.

Il professore Rowland della Johns Hopkins University in Baltimore trovò che fra la moltitudine di linee onde è ricco lo spettro solare, circa duecento sono dovute al carbonio. Il dottore G. Johnstone Stoney in un lavoro molto notevole sulla costituzione fisica del Sole, presentato alla Società Reale di Londra il 15 maggio 1867, ha attribuito al carbonio una parte preponderante nella produzione del calore e della luce irradiati dal Sole.

È curioso avvertire che Yung nel suo bel libro sul Sole non menziona Johnstone Stoney, accenna invece al prof. Hastings di Baltimore, che molto più tardi, emise delle idee molto concordanti con quelle dell'astronomo inglese.

Una delle questioni più fondamentali che si presenti nella chimica del Sole, si riferisce alla natura dei materiali della fotosfera. È accertato che la copiosa distribuzione tanto della luce quanto del calore avviene da questo singolare strato di nubi incandescenti. Sembra ovvio che debba esservi qualche sostanza speciale che dia

in massima parte se non intieramente alla fotosfera il suo meraviglioso potere irradiante. La luce che noi riceviamo non proviene dall'interno della fotosfera, nè da quanto sta fuori di essa, che a sua volta non pare molto profonda in confronto al diametro solare. È pure evidente che se mancasse questo guscio di nubi incandescenti, l'efficacia del Sole come astro irradiante sarebbe ben piccola. Le ricerche spettroscopiche dimostrano che la sostanza emettente luce e calore è assai probabilmente in forma di miriadi di particelle di pulviscolo o di miriadi di gocciollette enormemente calde. Le ricerche teoriche di Stoney, fondate sul principio che collega la velocità delle molecole di un vapore o gas ad una data temperatura col suo peso atomico, hanno chiarito come il carbonio debba essere l'elemento chimico costitutivo della fotosfera. Nello stato di pulviscolo il carbonio incandescente irradia la luce ed il calore che noi riceviamo. Il carbonio è un corpo irradiante per eccellenza, e refrattario al calore se mai ve ne fu, queste sue proprietà gli valsero la distinzione di essere dal Sole e sulla Terra il gran dispensiere di luce e di calore. Si è la presenza nella fiamma della candela di parcelle di carbonio, che conferisce a questa il suo potere illuminante; e si è il carbonio che nelle lampade elettriche ad arco o ad incandescenza rischiarava ora e più rischiarerà in avvenire le notti terrestri.

Abbiamo parlato di velocità delle molecole e di peso atomico. La chimica si occupa di questo

ultimo, la matematica e la fisica della prima. In ogni caso i metodi di queste scienze implicano la conoscenza, almeno supposta, della costituzione della materia. Che cosa sia la materia nessuno sa definire, e forse sarebbe più filosofico il non definirla. Così fanno i fisici, i chimici, i matematici, che lasciano ai filosofi il puerile piacere di inutili e vane proposizioni, generalmente, sotto la loro grottesca serietà, più vuote di una bolla di sapone. Le scienze esatte ora insegnano che ogni massa di materia deve considerarsi come composta di molecole invisibili di per sè, almeno finchè la composizione del corpo può essere descritta nei medesimi termini chimici. La teoria ondulatoria della luce, i fenomeni dell'elettricità di contatto, dell'attrazione capillare, e la teoria cinetica dei gas permettono di concludere che gli atomi o molecole della materia ordinaria devono avere un diametro all'incirca di un decimilionesimo di centimetro, o compreso fra questo valore ed un centimilionesimo di centimetro. Ognuna di queste molecole è, generalmente parlando, separata dalle sue vicine da intervalli che sono grandi rispetto alle dimensioni delle molecole stesse, ed ogni molecola è animata da rapida vibrazione. Quanto più caldo è un corpo, tanto maggiore è la velocità colla quale oscillano le sue molecole. Le molecole della materia non sono completamente ferme che alla temperatura assoluta di zero gradi, che è a 273 gradi centigradi sotto lo zero; temperatura che non fu mai raggiunta. Si vede da ciò che il calore è conside-

rato come un movimento delle particelle ultime dei corpi, che si trasmetterebbe assieme alla luce a mezzo dell'etere.

In questo modo di vedere circa la costituzione della materia, sembra che in un solido, malgrado i rapidi movimenti eseguiti da ogni molecola, le escursioni di essa sono necessariamente ristrette entro certi limiti, limiti che si allargano di molto quando il corpo pel calore diviene liquido, e che non esistono più quando il corpo è passato allo stato aeriforme, nel quale le sue molecole sono perfettamente libere di correre in ogni verso. La fisica insegna a determinare queste velocità, che sono grandissime. La distanza fra i centri di due molecole contigue è minore di un cinquemilionesimo e maggiore di 1 diviso per un miliardo, cioè di un miliardesimo, di millimetro.

Poco o nulla sappiamo sul carattere fisico attuale della molecola. Sembra certo che malgrado la sua minutezza eccessiva, è ben lungi dall'essere un mero punto, un semplice centro di forza, e che deve riguardarsi come una reale struttura non poco complessa. Oltre al movimento vibratorio o di traslazione, la molecola è anche dotata di una rotazione intorno al proprio asse, e le varie parti che la compongono hanno dei movimenti relativi, che sembrano, per quanto lo si può dire, di una estrema complicazione. Si hanno buone ragioni per credere che le linee nello spettro dei gas incandescenti, devono essere attribuite a spostamenti che avvengono entro la molecola stessa. Dalla nostra conoscenza delle

lunghezze dell'onda luminifera corrispondente a queste linee, diviene possibile d'imparare qualche cosa circa la rapidità con cui si effettuano queste oscillazioni intra-molecolari. Per fermo, qui tocchiamo a considerazioni che colpiscono l'intelletto, non meno fortemente nella direzione dell'estremamente piccolo, di quanto le distanze delle stelle lo meravigliano nel senso dell'enormemente grande. Malgrado la enorme minutezza della molecola, da certi fenomeni spettroscopici si deduce che quelle oscillazioni devono avvenire dentro di essa colla portentosa rapidità di parecchi bilioni al secondo.

L'americano Langley, valorosissimo astronomo, ci racconta di aver un giorno udito una formidabile esplosione di dinamite. Tre vagoni carichi di tale sostanza s'incendiarono a circa quattro chilometri di distanza dal luogo nel quale egli si trovava. La straordinaria rapidità improvvisa del fragore destò la sua attenzione. Egli visitò la località: i vagoni erano scomparsi, senza lasciare vestigio di quello che erano stati, e una larga cavità appariva nel suolo là dove prima essi stavano. Tutto il fenomeno dal quale era stata prodotta una così tremenda distruzione durò apparentemente solo una frazione di un minuto secondo. Ma se immaginiamo un essere vivente in un mondo ove oscillazioni analoghe a quelle che si compiono in una molecola d'idrogeno, corrispondono alle unità di tempo che entrano nelle concezioni ordinarie di quel mondo, e se supponiamo che esso possa contare ed apprezzare gli intervalli

di quelle oscillazioni, quella esplosione di dinamite gli sarebbe sembrata un'operazione più lunga e tediosa di quanto sembri a noi la formazione della Terra dai primi depositi delle rocce paleozoiche fino al momento presente (1).

Vediamo ora se nei limiti delle nostre cognizioni ci venga fatto di trovare qualche spiegazione soddisfacente del calore solare.

Noi sappiamo che il Sole gira sul proprio asse come una ruota, e fa un giro in 25 giorni circa; sarebbe forse l'attrito della superficie del Sole immane sfera rotante, contro qualche materia circostante, che produrrebbe la luce ed il calore? Questa opinione assurda, se mai ve ne fu, venne sostenuta. Ma pur ammettendo per impossibile l'esistenza di quella materia che invisibile agisce da freno, si può col calcolo dimostrare, che la forza totale di rotazione del Sole convertita in calore, basterebbe a compensare la perdita dovuta all'irradiazione durante più di un secolo, ma durante meno di due secoli. Ed ecco così fatta giustizia sommaria anche di questa grottesca supposizione.

Ed ora liberato il campo dalle erbe inutili, vediamo di esporre teorie più serie e fondate.

La prima, ardita per verità, quella che è detta meteorica, merita tutta la nostra attenzione.

(1) STAWELL BALL, *The Story of the Sun*.

II.

Ad ognuno che rivolga talvolta lo sguardo al cielo è noto quel fenomeno che si chiama delle stelle cadenti, perchè appunto apparentemente consiste in un punto lucente che sembra staccarsi dalla volta celeste e cadere. In ogni notte dell'anno da un luogo in cui l'orizzonte sia libero così da poter abbracciare tutto l'emisfero celeste, se ne vedono durante un'ora dalle 10 alle 15. Questo numero però varia grandemente coll'epoca dell'anno e cogli anni, così da divenire grande tanto da costituire una vera pioggia di stelle. Il numero delle meteore che così colpiscono, penetrando nella sua atmosfera la Terra, si scrive con milioni. Queste stelle sono generalmente assai piccole, sono tutt'al più del peso di qualche grammo: ma ve ne sono di quelle che pesano molto di più, come lo provano le pietre che cadono dal cielo, fra le quali ve ne hanno non poche pesanti parecchi miriagrammi. Ciò che avviene per la Terra, avviene per la Luna, per tutti i pianeti ed i loro satelliti e per il Sole. Il numero dei corpuscoli celesti che a questo modo colpiscono un corpo, al quale poi restano per sempre aggregati, dipende dalla massa di esso, cioè dalla sua maggiore o minore forza d'attrazione.

Colla sua mole immane il Sole è il corpo più potente per attrazione di tutto il nostro sistema, e, di conseguenza, enorme deve essere il numero

di corpuscoli e pietre meteoriche, che esso attirandoli fa cadere sulla sua superficie. È poi possibile che a questo modo qualche piccola cometa sia caduta sul Sole.

Fu pensato che questa caduta di corpuscoli meteorici sul Sole fosse capace di generare una quantità di calore valevole a compensare, a sostituire quello che il Sole attualmente emette. Non v'ha dubbio di sorta che una certa parte di calore sia tratta da questa fonte. Noi sappiamo che il brillare di una meteora nella nostra atmosfera è accompagnato da svolgimento di calore, dovuto alla trasformazione del movimento posseduto da quella in energia termica, in causa della resistenza che ad esso movimento oppone l'atmosfera. Il calore che si svolge nell'apparizione di una meteora, basta a riscaldare per attrito il corpo coll'aria, e renderlo incandescente, brillante ed anche a dissiparlo in vapori. Ora siccome la velocità colla quale ogni meteora cade sul Sole è di gran lunga maggiore di quella colla quale piomberebbe sulla Terra, e poichè il numero di quei corpuscoli è enormemente grande, ne viene di conseguenza, che quel bombardamento al quale incessantemente è esposto il Sole, deve sviluppare una quantità di calore assai grande in confronto di quanto avviene sulla Terra. Ma si può dimostrare, che malgrado ciò, nessuna efficace contribuzione al rifornimento della radiazione solare può attendersi da questa fonte meteorica. Fu dimostrato che una quantità di materia meteorica, che egua-

gliasse in massa la Luna, lanciata in forma di pioggia meteorica sul Sole, basterebbe a provvedere alla radiazione solare appena per dodici mesi. Ma vi sono buone e valide ragioni per credere che l'ambito del sistema solare non potrebbe per nulla fornire la provvigione di materia meteorica richiesta da queste vedute. Coll'attuale caduta di meteore non si potrebbe giustificare una millesima parte della radiazione solare, e forse più sicuramente neppure la milionesima.

Non è impossibile, giova non scordarlo, altresì che qualche cometa cada di tanto in tanto sul Sole, e vi produca naturalmente una certa quantità di calore proporzionale alla sua massa. Gli uomini finora non hanno assistito ad un fatto, od almeno e meglio, se si verificò, non se ne sono accorti. Ad ogni modo, quasi sicuramente, questa caduta di comete, è irregolare, e piccola, e non può fornire al Sole che minima parte della sua enorme energia calorifica.

III.

Un ingegnoso tentativo fu fatto verso il 1881 da sir William Siemens per spiegare il calore con un processo analogo a quello delle fornaci rigeneratrici, rendendo possibile all'astro del giorno di consumare o meglio di modificare di continuo sempre lo stesso combustibile, con sempre nuova produzione di calore, così da prolungare all'infinito la sua benefica esistenza. Nel tempo medesimo si volle por fine al disordinato

spreco di energia, che urta le nostre idee di risparmio. In realtà la Terra trattiene e si giova solo di una 2250 milionesima parte delle radiazioni solari, ciascuno degli altri pianeti e satelliti ne prende una congrua porzione; il resto, che è la massima parte, è dissipato attraverso allo spazio illimitato per fini che ignoriamo e l'umanità non conoscerà mai. Ora, se la teoria di sir William Siemens fosse giusta, questo dispendio spensierato non esisterebbe, le entrate e le uscite solari sarebbero regolate secondo i più sani principii di economia, e l'inevitabile bancarotta od estinzione finale sarebbe procrastinata ad epoca remotissima. Vediamo le idee di Siemens.

Innanzitutto dobbiamo immaginare lo spazio come ripieno di sostanze combustibili — idrogeno, idrocarburi, ossigeno — in uno stato di rarefazione estrema. Poi, siamo chiamati ad ammettere che il Sole colla sua rotazione agisca come un gigantesco ventilatore su questa materia, attraendola verso i poli della sua superficie, e respingendola all'infuori all'equatore in una corrente continua. Ma in questo moto giratorio la materia non rimarrà inalterata, giacchè durante esso sarà avvenuta una combustione. In altre parole, le particelle assorbite avranno, per così dire, depositato, quanto possedevano di energia sotto forma di luce e di calore e si dipartiranno dal Sole, non più atte a bruciare, ma quali meri ed inerti prodotti della combustione. Esse riacquisteranno però quell'attitudine, la loro attività, per virtù di quello stesso potere irra-

dianete, che esse nella primitiva loro condizione contribuirono a sollevare. Sir W. Siemens ottenne una qualche prova sperimentale, tendente a dimostrare che non è impossibile che l'acido carbonico e l'acqua possano nello spazio venir scissi nei loro elementi semplici, come essi lo sono indubbiamente nelle foglie delle piante, per l'azione diretta dei raggi solari. Le loro particelle così forzatamente disgiunte, ed in quell'atto stesso rifornite di attività, sono pronte a riunirsi di nuovo con reiterata manifestazione di luce e di calore. A questo modo vien combinata una circolazione meccanica con una ritmica mutazione chimica ed il giro potrebbe durare per sempre, ad una condizione, quella di un illimitato rifornimento di forza motrice. A ciò si oppone una inesorabile legge di natura, la quale dice, che non vi è lavoro senza consumo.

Nella teoria di Siemens il cardine di tutto il processo risiede nella rotazione del Sole. In questa, secondo Lord Kelvin, vi è una quantità di potenza meccanica, che convertita in calore potrebbe supplire all'emissione solare durante 116 anni e sei giorni, un minuto secondo appena nel tempo senza confine. Questa ed altre sono obiezioni meccaniche e matematiche così giuste, così vere che distruggono senz'altro la teoria di Siemens.

IV.

Dopo aver così scartate alcune teorie che non valgono a spiegare la costanza del calore solare, facciamoci ad esaminare l'ultima, quella che è

più generalmente accolta, sebbene essa pure non sia scevra di difficoltà non indifferenti. Questa che è essenzialmente dovuta ad Helmholtz, una delle menti più poderose che abbia dato al mondo nello scorso secolo la Germania, si connette colla teoria di Laplace sull'origine del sistema solare.

Questa teoria vuole che in un'epoca da noi remotissima, e che si può assumere come il punto d'origine del sistema solare, lo spazio, nel quale ora si librano i pianeti, fosse occupato da una nebulosa enorme, animata da un movimento di rotazione. Alcuni vogliono che questa nebulosa fosse allora freddissima, altri invece molto calda: ad ogni modo lo fosse essa o no inizialmente, vi fu un momento in cui essa cominciò ad avere una temperatura elevatissima, questo è indiscutibile. Naturalmente la nebulosa era più densa verso il suo centro, e questo nucleo, più compatto, quindi più energicamente attraente, avrebbe costituito il nocciolo, per così dire, rudimentale del Sole. Il calore di questo sarebbe, secondo Helmholtz, dovuto alla contrazione della nebulosa dal suo volume immenso primitivo a quello attuale. Questa contrazione continuandosi, seguirà a rifornire al Sole l'immane quantità di calore che esso dispensa. Abbiamo in un nostro precedente lavoro (1) chiarito come ciò avvenga, secondo le leggi di quella scienza nuova che è

(1) Vedi OTTAVIO ZANOTTI BIANCO, *Nel regno del Sole*, il capitolo intitolato: "L'evoluzione cosmica della Terra secondo le idee moderne".

la termodinamica, e della meccanica; nè è qui luogo a ritornarvi più diffusamente.

Stawell Ball ha calcolato che nel restringersi da un'estensione infinitamente grande, sino al suo volume presente, il Sole ha sviluppato una quantità di calore, equivalente a 3400 *unità carbone*, vale a dire capace di mantenere l'energia calorifica solare presente per 9.520.000 anni, pari a 3400×2800 .

Si avverta che quando diciamo che la massa della nebulosa primitiva, al pari di quella del Sole attuale, si va contraendo, vogliamo dire che va diminuendo di volume, cioè le particelle che la compongono si vanno accostando fra loro, e verso questo centro dal quale sono attratte. La sorgente del calore solare sarebbe la trasformazione in calore del lavoro svolto in tale caduta. Queste vedute, emesse prima dal Mayer, e poi indipendentemente da Waterston, furono poi per la prima volta discusse a mezzo dei veri principi della termodinamica da Helmholtz nel 1854, e più ampiamente svolte da William Thomson ora Lord Kelvin.

È noto che il menzionato decrescimento di volume, non può durare per sempre; cessando esso cesserà pure lo sviluppo di calore. È lecito pertanto il domandarsi sino a quando quello e questo potranno durare. La risposta fu data e la vedremo, ma senza alcuna pretesa di esattezza e molto meno d'infallibilità. Queste le sono questioni così complicate, vi entra in scena tanta parte d'ignoto che è giuocoforza lo star con-

tenti ad un pochissimo, senza meraviglia che anche questo sia incerto, forse inesatto, e da modificarsi grandemente col tempo e col progredire della scienza.

Abbiamo nominato Mayer il fondatore della meccanica del calore: ne giova qui riferire come egli sia stato indotto a meditare su tale questione, e quindi condotto alla sua scoperta; a provare come per tutte le vie il genio giunga ai grandi veri della natura.

Nel 1840 il dott. Mayer, medico, mandò ad effetto un progetto che aveva formato fin da ragazzo. S'imbarcò a Rotterdam, come medico, a bordo d'una nave che partiva per le Indie orientali.

Ciò si fa molto anche oggidì dai giovani medici, appena laureati, che così hanno mezzo di vedere paesi lontani e di mettere in disparte poche centinaia di lire.

Il capitano comandante la nave che portava il medico Mayer non era punto socievole; di guisa che il giovane dottore, non avendo occasione di distrarsi, consacrò le lunghe sue ore d'ozio allo studio delle scienze. Studiò soprattutto con ardore il manuale di fisiologia di Müller, che può ritenersi come il punto di partenza dell'energico impulso che questa scienza ha preso nel secolo scorso.

Si fu durante questo viaggio di 11 mesi che Mayer fece la sua memorabile scoperta. Ecco come egli stesso ci racconta il caso che fece rivolgere le sue idee verso questo argomento:

“ Avendo dovuto, durante l'estate del 1840, salassare alcuni europei, giunti da poco all'isola di Giava, notai che il sangue tratto dalla vena del braccio, presentava senza eccezione, una colorazione rossa vivissima.

“ Questo fatto attrasse tutta la mia attenzione. Presi il mio punto di partenza nella teoria di Lavoisier, secondo la quale il calore animale è il risultato di un procedimento di combustione, riguardai il doppio cambiamento di colore che il sangue subisce nei vasi capillari della piccola e della grande circolazione come un'indicazione sensibile e visibile, come il riflesso, per così dire, dell'ossidazione che si fa nel sangue. Affinchè la temperatura del corpo umano si mantenga costante, il calore che si produce nel corpo stesso deve avere un certo rapporto quantitativo col calore perduto e quindi colla temperatura dell'ambiente. Dunque bisogna che il calore prodotto, ed il processo d'ossidazione, del pari che la differenza di colore fra le due specie di sangue, siano minori nei climi caldi, che nei climi freddi „.

Le meditazioni che il dott. Mayer fece su questa osservazione lo condussero alla scoperta del principio dell'equivalenza del calore e del lavoro meccanico.

Se la contrazione, il restringimento è la causa precipua del calore del Sole; le reazioni chimiche che devono svolgersi energiche quanto mai fra i corpi elementari che lo costituiscono sono certo pure una fonte secondaria, ma non insignificante;

ed in minor scala ancora lo è la caduta delle meteore. Per cui anche qui non bisogna limitarci a guardare un problema così alto e complicato da un solo punto di vista, ma ritenere che a rifornirci di luce e di calore concorrono molte cause a noi note e forse molte più da noi ignorate.

Crediamo pregio vero dell'opera, il riprodurre, traducendoli dall'inglese, alcuni profondi pensamenti di Riccardo Proctor, sagace astronomo inglese, concernenti gli effetti fisici della contrazione del Sole, ossia della sua diminuzione di volume, per causa dell'attrazione reciproca delle particelle materiali che lo costituiscono, e che vanno perdendo del calore loro originale.

“ Nel senso medesimo nel quale noi diciamo ora che il volume del Sole è quello abbracciato dalla superficie visibile di esso, perchè tutta la massa esterna a quella superficie è insignificante a petto di quella che vi sta dentro: così può ben essere che il vero globo del Sole giaccia molto al di sotto della superficie incandescente che noi vediamo, tutta la quantità di materia situata esternamente a questo globo molto più piccolo essendo trascurabile di fronte a quella onde esso globo consta „.

Secondo Proctor questo globo interno avrebbe una densità molto superiore a quella media che oggi si attribuisce al Sole, e che è di un quarto di quella media terrestre; la pressione invece nell'interno del Sole è mille e mille volte superiore a quella che si ha nell'interno della Terra.

Qui, continua Proctor, tocchiamo condizioni di

cose tali, che noi siamo assolutamente incapaci di comprendere e neppure di concepire. Nessuna esperienza eseguibile sulla Terra, può gettare una anche incerta e debole luce sulla condizione in cui si trova l'interno del Sole, ove si hanno in presenza pressioni oltrepassanti, di gran lunga, anche le massime che conosciamo, e temperature di molto e molto superiori alle più elevate che possiamo produrre. La permanenza di quelle immani pressioni vieta di assegnare un limite alle densità che i corpi costituenti il Sole possono raggiungere, sotto temperature così elevate da impedire ad essi di divenire liquidi o solidi. Questa considerazione, che non limita la durata del processo della contrazione solare, suggerisce a Proctor il ragionamento seguente.

“ Concludendo, diciamo, che mentre noi ammettiamo come del tutto possibile, che il nucleo del Sole possa essere così enormemente compresso da corrispondere ad una passata emissione di calore solare, per molte centinaia di milioni d'anni, non vediamo d'altra parte ragione alcuna di credere che il processo di restringimento non possa continuare, con un' emissione di calore analoga alla presente per centinaia di milioni d'anni a venire. A noi sembra tanto assurdo il misurare la quantità probabile di energia solare svoltasi nel passato, o da esplicarsi nel futuro, con considerazioni basate sul modo di comportarsi degli elementi alle temperature e pressioni che noi possiamo ottenere sperimentalmente,

quanto lo era nei tempi andati, lo apprezzare le dimensioni dei corpi celesti, nella supposizione che la Terra fosse il corpo importantissimo e principale fra tutti, che essi erano chiamati a servire, o quanto lo è ai giorni nostri il computare la durata dei corpi celesti, coi brevi intervalli di tempo corrispondenti alle varie epoche dell'esistenza relativamente insignificante della nostra Terra „ (1).

Questi concetti di Proctor sono degni di molta meditazione, perchè forse, sottoposti ad una attenta disamina ed al saggio del calcolo, potrebbero fornire il mezzo di comporre l'acuto dissidio esistente fra l'astronomia e la geologia, del quale toccheremo più avanti.

V.

Maxwell Hall ha calcolato che per supplire alla perdita di calore che il Sole subisce per la sua irradiazione enorme, basta che il suo diametro diminuisca ogni anno di 39 metri. Occorrono a tale stregua 18263 anni perchè il suo diametro apparente diminuisca d'un minuto secondo d'arco. Quantità così piccola che noi non sappiamo misurare; la parte d'essa poi verificatasi dalla nascita dell'astronomia di precisione è, e sarà per lungo tempo, inavvertibile anche cogli istrumenti più delicati.

(1) PROCTOR, *Age of the Sun and Earth*, in *The poetry of astronomy*.

Calcoli più recenti hanno dato per la diminuzione del diametro solare dovuta alla contrazione numeri alquanto più forti del precedente, ma tutti inferiori a 100 metri, e che lasciano inalterate le conclusioni precedenti. Stawell Ball trova, per la contrazione annua del diametro solare, un numero tre volte maggiore di quello di Maxwell Hall, e precisamente di 140 metri.

Noi non possiamo nè colla teoria, nè coll'osservazione dire se la temperatura del Sole rimanga esattamente costante. Se il calore generato dalla contrazione nel modo che si disse fosse esattamente eguale a quanto se ne richiede per compensare le perdite incorse a cagione dell'irradiazione quotidiana, la temperatura solare rimarrebbe fino ad un dato tempo invariabile. Se per contro la quantità di calore sviluppato per l'aumento della velocità molecolare dovuto alla contrazione superasse quella perduta per irradiazione la temperatura dovrebbe crescere nel suo complesso. Se invece la compensazione fra la produzione e l'emissione fosse in difetto, il Sole si andrebbe raffreddando. Si hanno così tre casi possibili, ma nessuno dei mezzi d'osservazione dei quali disponiamo ci permette di decidere quale dei tre si verifichi in realtà.

Ad ogni modo qualunque di quei tre casi sia quello della natura, il procedimento di contrazione non potrà durare in eterno: esso non durerà che fino a quando il globo solare potrà riguardarsi come una massa gassosa. Ma giungerà un tempo in cui il Sole non sarà che sempre meno

tale, quindi la contrazione ben lungi dal compensare la perdita, sarà così piccola che il calore prodotto non sarà più che una frazione ognor più piccola di quello irradiato: allora l'efficacia e potenza del Sole come dispensiere di luce e di calore sarà del tutto scemata. Giacchè vedemmo che l'irradiazione di una massa solida incandescente, e tale è pur fatale divenga il Sole fra molte migliaia di secoli, non può durare uniforme di secolo in secolo.

E fino a quando il Sole ne inonderà della benedetta luce, del fecondo calore? Per milioni di anni, ma quanti? Newcomb pensa, in base ai suoi calcoli, che è poco probabile che il Sole possa continuare a produr calore sufficiente a mantenere sulla Terra la vita, quale noi la conosciamo, per più di 10 milioni di anni a partire dal momento attuale, e lord Kelvin, il dotto inglese, forse il più competente in materia, ora vivente, accetta e fa sue queste idee. L'umanità ha dunque tempo per prepararsi a morire nelle tenebre. E alla vaga luce del dì molte lagrime saranno ancora sparse, e la menzogna uscirà cinica e impudente da molte labbra rosee e sottili, e gemiti e imprecazioni si udranno sulla Terra inutili e inscoltate, e l'ebbrezza e la voluttà, il dolore, la malattia e la miseria in ridda macabra scorreanno la multiforme Terra. Quando sarà il giorno novissimo del regno del giusto?

L'oscuramento del Sole è inevitabile, lo diciamo. Ma ci si consenta di aggiungere, se vere sono le nostre conoscenze, se sul Sole non agi-

scono forze a noi sconosciute, e se le condizioni di natura e le leggi che le governano continueranno per i secoli avvenire ad essere e ad agire quali noi le conosciamo, o meglio ci appaiono. E se, ultima non minima necessaria presupposizione, nessuna causa inconcepibile da noi ora, sorgerà nel creato a sconvolgerne ed alterarne il mirabile e durevole ordinamento, che ci stordisce e riempie l'animo di paurosa, profonda meraviglia, per suscitare un altro, speriamo, più fecondo e più ricco di verità e di pace agli uomini sopra una terra rinnovellata e pura.

In quanto alla permanenza ed immutabilità delle leggi di natura, quali noi le conosciamo, è d'uopo riflettere, che noi queste leggi le conosciamo, in massima parte, solo da poche centinaia d'anni, e che ignoriamo, se i nostri mezzi d'indagine siano atti a rivelarci la vera essenza dei fenomeni, o se pure non si manifestino di essi che una o più faccie superficiali; il che è molto più probabile, e più conforme al graduale svolgersi della scienza. Così, citiamo un esempio che vale per tutti. La legge dell'attrazione universale scoperta da Newton, ci dice che i corpi e le loro particelle si attirano in ragione inversa del quadrato della loro distanza; or bene gli astronomi oggi, già cominciano a pensare, che a spiegare certi movimenti di Mercurio e della Luna sia necessario cambiare d'alquanto quella legge. Vuolsi cioè che non più in ragione inversa del quadrato della distanza si attirino le masse, ma in ragione dell'inverso di una potenza della

distanza alquanto diversa da due. E sono appena due secoli che tal legge fu trovata. Oh l'eternità delle leggi della materia! Oh le leggi di bronzo di certi materialisti ad oltranza. Dato poi e non concesso, che le leggi che governano la materia ed i fenomeni celesti, siano veramente tali quali ora ci appaiono; chi osa affermare che esse possano mantenersi immutate, nel tempo non solo, ma anche nello spazio? Chi ci assicura che lo spazio cosmico che il Sole attraversa nel suo cammino verso un punto della costellazione della *Lira*, sia costituito come quello che da tanti secoli noi percorriamo, seguendo l'astro del giorno, e che da una variazione di quella costituzione non debba e non possa derivarne modificazione sostanziale alla materia ed alle sue leggi?

Del magnetismo e dell'elettricità quali agenti cosmici noi tutto ignoriamo. E così lord Kelvin, nega ogni relazione fra le macchine solari ed il magnetismo terrestre, in base alle teorie della meccanica. Sir Stawell Ball, per contro, accettando colla massima parte degli astronomi, una connessione fra quelle due classi de' fenomeni, pur riconoscendo che è difficile che essa sia quella di causa ad effetto, così scrive:

“ Il ragionamento (quello di lord Kelvin) quasi ci costringe a respingere l'opinione che l'attività solare sia la causa delle perturbazioni magnetiche; e lord Kelvin sembra pensare che i molti casi nei quali fu notato un accordo fra il periodo di macchie solari esuberanti ed i periodi di fre-

quenza di burrasche magnetiche, devono riguardarsi come mere coincidenze accidentali. Sembra però difficile l'ammettere che la cosa stia così. È del pari possibile che vi possa ancora essere qualche altra spiegazione attendibile, che ci permetta di conservare la credenza in una connessione fra le eruzioni solari e le burrasche magnetiche terrestri, e non ci costringa a riguardare l'una come la causa dell'altra. Non potrebbe egli darsi che i fenomeni tanto nel Sole e nella Terra, non stessero fra loro per nulla nella relazione di causa e d'effetto, ma fossero entrambi manifestazioni di qualche altra influenza di onde magneto-elettriche, propagantisi su vasta scala, attraverso al nostro sistema, ed esercitanti un'influenza sui vari corpi che compongono il nostro sistema stesso? „.

Questo grandioso e geniale concepimento di sir Robert Ball ha poi il grande vantaggio di potersi prestare ad un accordo colle teorie solari meno difficilmente dell'antica opinione che collega le macchie solari al magnetismo terrestre, che sarebbe forse meno irreconciliabile colla teoria chimica di Brester, che con quella curiosissima e puramente ottica, di recente formulata da Augusto Schmidt.

VI.

Il calore solare è prodotto essenzialmente, lo dicemmo, dalla diminuzione di volume dell'astro del giorno, diminuzione che è tanto minore quanto più il Sole si fa per opera di essa denso

e piccolo. Decrescimento che doveva quindi essere più energico al pari del conseguente sviluppo di calore, quando la massa del Sole era più diffusa, più tenue, più estesa. Riandando quindi a ritroso dei secoli l'istoria del nostro massimo luminare, noi lo troviamo sempre più grande e a temperatura più elevata fino forse a formare quella enorme massa nebulare caldissima che le moderne idee cosmogoniche vogliono fosse il caos originario, donde emersero poi il Sole ed il suo corteo di pianeti e di satelliti.

Sulla formazione di un tale ammasso nebulare o di qualche cosa di analogo a quello che poteva essere il nostro Sole molte migliaia d'anni or sono, specularono con profondo acume Croll e lord Kelvin.

Si supponga che due corpi oscuri e freddi aventi per densità quella della Terra e ciascuno un diametro eguale alla metà di quello attuale del Sole, fossero in un dato istante posti nello spazio ad una distanza doppia di quella della Terra dal Sole. Abbandonati a loro stessi, senza intervento di alcuna forza tranne la loro attrazione, essi comincierebbero assai lentamente a muoversi l'uno verso l'altro, ed il loro moto si andrebbe facendo gradatamente più celere col decrescere della loro distanza. Sei mesi dopo l'istante, nel quale si dipartirono dalla loro posizione iniziale, verrebbero a cozzare in un urto tremendo. Un immane sviluppo di calore sarebbe la conseguenza della collisione.

Ciascuno dei due corpi in virtù del suo mo-

vimento possiede una certa quantità di energia; ma una legge importante della meccanica ci dice che sebbene questo movimento sembri in tutto od in parte annichilito nell'urto, esso non è perduto, ma deve trasformarsi e riapparire, sotto uno degli altri aspetti, che l'energia può assumere con tanta rapidità. In un caso come questo essa si mostrerà sotto forma di calore, ed i due corpi riuniti dal cozzo gigantesco diverranno caldissimi. A parità di tutte le altre circostanze la quantità di calore generata dipende dalla velocità dei due corpi che si urtano. Con alte velocità il calore che può prodursi a quel modo è molto maggiore che con basse celerità. Così, ad esempio, se la velocità, colla quale i due corpi si vanno accostando, fosse raddoppiata, il calore sarebbe quadruplicato; centuplicato se quella velocità fosse dieci volte maggiore. In termini generali si può dire che la quantità di calore sviluppato nell'urto è proporzionale al quadrato della velocità dei corpi che collidono. La collisione durerebbe per poche ore ed i due corpi originariamente freddi sarebbero trasformati in una massa fluida incandescente, violentemente agitata, fornita di una provvigione di calore sufficiente a sopperire alla continua emissione di calore del Sole, quale avviene presentemente, per diciotto o venti milioni d'anni. Un immediato effetto di questo calore sarebbe di dilatare la sostanza dei due globi in un sol volume di materia aeriforme o semigasosa, considerevolmente maggiore del nostro Sole attuale.

Allora per l'irradiazione nello spazio comincierebbe quella massa a raffreddarsi con lentezza estrema, a condensarsi, a contrarsi, seguendo quelle fasi che più sopra esponemmo, ultima delle quali quella dell'estinzione totale dell'astro della luce, col suo completo raffreddamento, dopo che da secoli parecchi sarà divenuto intieramente solido.

La teoria e l'osservazione dei fatti che si osservano in cielo, quali l'accendersi di stelle mai prima vedute, e che avvengono in ogni parte dell'universo, rendono assai probabile che l'origine del Sole come corpo luminoso, non sia stata troppo diversa da quella che Croll e Kelvin pensarono.

D'altronde il Sole stesso destinato ad estinguersi ne insegna che il firmamento può essere popolato di astri oscuri, che in una immane collisione, bruciando in conflagrazione inconcepibile per ardore ed agitazione, danno vita ad astri novelli, lucenti, caldissimi.

Vedemmo che Newcomb e Kelvin pensano che il Sole non illuminerà la Terra per più di 10 milioni d'anni; Kelvin poi pensa che in complesso è probabilissimo che il Sole non abbia illuminato la Terra da più di 100.000.000 d'anni, e quasi certo che non lo ha fatto per 500.000.000 d'anni. I calcoli di Croll s'accordano di più colla prima cifra dando per quel numero d'anni, 70 milioni. Egli poi crede che 100 milioni d'anni siano ampiamente sufficienti a comprendere tutta l'istoria geologica del nostro globo.

Ora in quest'istoria vi è un fatto grandioso quant'altri mai, che sembra contraddire a quanto venimmo sin qui esponendo sull'evoluzione del Sole. Intendo parlare di quella che si chiama *epoca glaciale*, i cui avanzi ci dimostrano indiscutibilmente che vi fu un'epoca in cui sulla Terra faceva assai più freddo che non ora. Ora come può essere ciò, se ricalcando le orme dei secoli noi abbiamo visto che il Sole doveva essere sempre più caldo?

VII.

Che cosa ci prova che sulla Terra una volta faceva molto più freddo che non ora, o per parlare più esattamente che i ghiacciai che ora in Europa (centrale e media) troviamo confinati alle alte regioni montuose, erano un tempo molto più estesi? Prima di tutto si avverta che quell'epoca, dal punto di vista geologico, deve essere riguardata come solo ieri, e Croll pensa che essa non possa essere più remota da noi di 240.000 anni, ed appartiene a quella che i geologi chiamano quaternaria o postpliocenica, e che precede immediatamente l'attuale o *recente*. Quest'epoca è così vicina a noi che l'azione corroditrice del tempo non è riuscita ancora a cancellare ed obliterare gli avanzi ed i ricordi sparsi ovunque, lasciati dalla presenza del ghiaccio; così che in tutte le parti del mondo noi possiamo raccogliere testimonianze del terribile rigore di condizioni climatiche che accompagnarono la grande epoca glaciale.

In molte contrade s'incontrano dei grossi massi di roccia, e s'avverte che ben spesso hanno una posizione elevata, caratteristica. Tali massi differiscono sovente per la loro composizione dalle rocce sulle quali posano, ed in molti casi fu possibile con un attento esame della pietra stessa e con un minuto studio della regione circostante, di risalire al luogo d'origine d'onde essi furono tratti. Questi massi si dicono *massi erratici*, e sono talvolta così grossi e pesanti che solo qualche gigantesco potere ha potuto divellerli dal loro suolo originario, e trasportarli per molte miglia, fino al luogo ove noi li vediamo giacere. Ecco come intorno a quest'argomento scrive Issel: " L'interpretazione dei massi erratici condusse primamente i geologi ad occuparsi dei fenomeni glaciali. Prescindendo da opinioni assurde, come quella che attribuiva a parossismi vulcanici la diffusione di tali massi, citerò la spiegazione di Venturi, il quale, fin dal 1820, suppose che fossero stati trasportati da ghiacci galleggianti, e fu seguito da parecchi valenti scienziati dei suoi tempi, da Breislak, Wrede, Hall, ecc. Di poi, per opera di Hopkins, Curioni, Collegno, ecc., fu sostenuta la tesi che il trasporto loro fosse avvenuto per opera di correnti acquee „.

“ La prima giusta interpretazione dei massi erratici è dovuta a Playfair che la espose dubitativamente nel 1815 „.

La visita ad un ghiacciaio suggerisce subito il modo col quale il trasporto di quei grandi massi si è effettuato. Man mano che il ghiac-

ciaio, quasi fiume di ghiaccio scivola lentamente lungo la valle, riceve talvolta dei grossi massi staccatisi dai pendii rocciosi delle montagne che racchiudono la valle, e che vengono a posarsi sulla superficie ghiacciata, sulla quale partecipano al movimento di discesa del ghiacciaio, e possono così essere trasportati a notevoli distanze. Quando per una causa qualunque il ghiacciaio si ritira; quei massi rimangono ove sono, e restano monumenti che attestano in modo evidente la presenza durata forse per molti secoli, del ghiacciaio scomparso anche da molti secoli.

A Pianezza presso Torino sta un grandioso masso erratico che la sezione torinese del Club Alpino Italiano ha dedicato alla memoria dell'illustre geologo Bartolomeo Gastaldi.

Nè i massi erratici sono soli ad attestare di una grande estensione di ghiacciai sovra regioni che ora ne sono libere (1). " Colline formate di detriti, accumulati in disordine (massi, ghiaie, sabbie, fango), disposte concentricamente alla fronte degli antichi alvei ghiacciati o ai margini loro, massi erratici, rupi, rilievi rocciosi arrotondati, levigati, striati e solcati, fanno fede dell'estensione di quel fenomeno „.

È naturalmente un problema di grande interesse il ricercare la causa della potente fluttuazione di clima, che cagionò la scomparsa di così enorme quantità di ghiaccio la cui esistenza ci è incontestabilmente provata.

(1) ISSEL, *Compendio di geologia*, vol. II, p. 489.

L'epoca glaciale, che è quella nella quale vigeva il regime di ghiacciai del quale ovunque si trovano tracce, predominò, sopra una parte della Siberia, desolò la parte settentrionale dell'Europa, e dilagò nell'America del Nord fino a Washington; in Asia toccò il Caucaso, il Libano, la catena dell'Himalaja. La regione d'Europa classica per le tracce di antichi ghiacciai è quella che comprende i due versanti della catena alpina, la Savoia, la Svizzera, il Tirolo, il Piemonte, la Lombardia, il Veneto.

Molte ipotesi furono proposte onde chiarire tanta grandiosità di fenomeni: nessuna è generalmente accolta senza necessarie e prudenti riserve. Sembra però intieramente escluso che possa averli cagionati un diverso potere irradiante del Sole. E valga il vero, se il Sole era più caldo, a parità di ogni altra circostanza, come potè verificarsi l'epoca glaciale? Il Sole poi avrebbe esso avuto dopo quella un intervallo d'incandescenza capace di far svanire i ghiacciai? Questa condizione durerebbe essa ancora? Si può, secondo i geologi, senza esitazione rispondere negativamente a queste interrogazioni, ed affermare che il Sole, considerato unicamente come fonte di calore, c'entra poco assai in quei grandiosi cambiamenti di clima con vicende di caldo e di freddo che la geologia e la paleontologia c'insegnano essere avvenuti sulla Terra in tempi da noi molto lontani.

Per contro Thomson (Lord Kelvin) così scrive al riguardo: " Tuttavia un più intenso calore

sotterraneo terrestre è l'ipotesi sulla quale i geologi si sono con grande compiacenza indugiati per spiegare i climi più caldi dei tempi antichi. La sola ipotesi, fra tutte quelle proposte fin'ora, e che ha incontrato poco o punto favore fra i geologi di professione, è quella del Sole più caldo — la sola ipotesi che è resa quasi infinitamente probabile da evidenza fisica indipendente e da calcoli matematici ».

Il dissidio fra la geologia e la matematica non è troppo vicino ad un accomodamento.

Ad ogni modo però un Sole più caldo non spiega l'epoca glaciale. La spiega forse meglio la supposizione, d'altronde innegabile, d'una Terra secondo l'ipotesi di Kant e Laplace originalmente caldissima ed avvolta da un denso strato di nubi: stadio pel quale il nostro globo è senza dubbio passato. Questa teoria emessa nel 1891 dall'americano Marsden Manson, è discutibile, ma ingegnosa: pur troppo essa è del tutto ignorata in Europa.

Il Sole perciò può ed ha senza dubbio contribuito in certa misura a produrre l'epoca glaciale. Non è qui luogo per addentrarci in questa questione, che richiede per essere bene intesa molte cognizioni astronomiche: ci accontenteremo di dirne poche parole. La distanza della Terra dal Sole, la forma ed il piano dell'orbita che essa descrive intorno al Sole, variano di continuo in modo più o meno lento. Si può dire che mai la Terra descrisse un identico cammino intorno al Sole, e tenendo conto del movimento di questo

nello spazio, che mai la Terra passò nè ripasserà due volte per il medesimo punto del firmamento.

Or bene, il calore che la Terra riceve dal Sole dipende dalla sua posizione rispetto ad esso; se questa varia, quello pur cambia. Su questo concetto si basano quelle teorie dell'epoca glaciale, che dette astronomiche, fanno risalire alle menzionate cause ed alla varia inclinazione dell'asse di rotazione della Terra sul piano della sua orbita la cagione del clima rigido che si vuole dominasse in quella. Stawell Ball, ha di recente esposto una nuova teoria astronomica, che ha sollevato molte e valide obbiezioni, non certo minori di quelle che furono opposte alle più antiche di Ademaro e Croll.

Il dottore De Marchi, in un lavoro premiato dall'Istituto lombardo di scienze e lettere, ha proposto una nuova teoria a spiegare l'epoca glaciale (1). Oramai si crede dai naturalisti più autorevoli che una maggiore umidità e quantità di partecipazioni acquee sia stata una delle cause più efficaci di una grande espansione dei ghiacciai. La causa poi di quella è ignota e lo

(1) DE MARCHI, *Le cause dell'epoca glaciale*. — Pavia, Fasi, 1895. — Una recensione di questo lavoro fu fatta da chi scrive queste pagine nella *Rivista mensile del Club alpino italiano*, giugno 1895.

DE MARCHI, *Il problema glaciale*. "Bollettino del Club alpino italiano, „ N. 62. Vedansi anche a questo riguardo uno scritto di De Marchi ed uno di Schiaparelli nei "Rendiconti del R. Istituto lombardo di scienze e lettere „. Milano, 1895.

sarà forse per sempre; e se anche il Brückner ha creduto trovar dei periodi eccessivamente umidi, che secondo lui si succederebbero tuttora ad intervalli di 35 anni, non si è certi che tal regime vigesse all'epoca glaciale, e sfugge la ragione per cui allora vi dovesse essere un'esagerazione d'intensità, scomparsa di poi.

Il problema glaciale è quanto mai complesso, e più certo ne furono le cause: nessuna teoria ne dà ragione: tutte hanno forse alcun che di vero, nulla più. *Ignorabimus* è il motto di questa e di moltissime altre questioni, alla soluzione delle quali si affatica inutilmente lo spirito umano.

VIII.

L'esistenza, la vita, di tutto quanto sulla Terra s'agita, vegeta, si muove, vive è indiscutibilmente legata alla luce ed al calore del Sole. Spento il Sole, ogni vita cessa. Ma v'ha di più, tutte le energie di cui l'uomo può disporre per produrre effetti meccanici, le ripete dal lucentissimo astro del giorno, tranne una. Or bene Sir William Herschel nel 1833 e poi Lord Kelvin nel 1881 hanno dimostrato la seguente grandiosa verità: *il calore irradiato dal Sole* (comprendendo in questa espressione la luce solare) *è la sorgente principale di effetti meccanici della quale l'uomo possa disporre.*

Valga il vero, noi possiamo produrre movimento, effetto meccanico, valendoci degli agenti seguenti: il vitto degli animali, il calore naturale, sorgenti calde, vulcani, materia solida si-

tuata in posizione elevata, i movimenti naturali dell'aria e dell'acqua (fiumi, correnti marine, maree), combustibili naturali ed artificiali.

Fra tutte queste energie che stanno a nostra disposizione una sola non dipende direttamente dal calore del Sole, quella delle maree.

Tutti sanno che l'acqua del mare, in ritmico movimento che è legato alle posizioni del Sole e della Luna, nelle ventiquattro ore si alza, si avvanza sulla riva due volte, durante sei ore, e due volte durante altrettante, si abbassa, si ritira dalla sponda. Se noi volessimo impiegare la potenza delle maree, per far muovere una macchina, noi dovremmo prendere, quando la marea sale, l'acqua dall'onda che cresce, raccogliere una porzione di quest'acqua ad una certa altezza, poi, quando la marea si è abbassata, giovarci della discesa o caduta di quest'acqua, per dar movimento al meccanismo. Ciò in pratica non si è mai fatto, se non in pochissimi casi, perchè non torna conto. Ma se si realizzasse un simile progetto, per un lasso di tempo considerevole, noi troveremmo che col volgere degli anni ne conseguirebbe un graduale rallentamento della rotazione della Terra, il giorno s'andrebbe allungando, la sua durata diverrebbe poco per volta maggiore di 24 ore. Svolgemmo altrove le conseguenze cosmogoniche di questo rallentamento, che si produce naturalmente pel solo effetto dell'attrito delle maree contro il fondo e la costa del mare.

Tutte le altre energie capaci di produrre mo-

vimento, che stanno a portata della nostra mano dipendono dal Sole. È noto infatti che i venti e le correnti marine hanno per causa essenziale l'avvicinarsi del giorno e della notte e delle stagioni, combinato colla varia distribuzione del calore alla superficie della Terra e col moto di rotazione di questa. E tutto quanto mangiamo e beviamo, bruciamo, legni, carbone e il carbon fossile che già fu legno, e il gas ed il petrolio furono prodotti forse da altro che dal Sole? E la luce elettrica e tutta l'energia elettrica che ora trascina le tramvie, meraviglia e quasi miracolo agl'ignoranti e muove le nostre officine, non è forse dono del Sole? Per il calore del Sole l'acqua s'evapora, sale in alto sotto forma di nubi, ricade sotto forma di pioggia, neve, grandine, costituisce i ghiacciai ed i nevai. Da questi sgorgano fonti, s'originano torrenti e fiumi che precipitando a valle muovono ruote e turbine, che a loro volta fan girare le dinamo meravigliose onde si slancia pei metallici fili l'agente misterioso che ormai rischiera città e villaggi. Ed anche se la dinamo è mossa da un motore a vapore, ove si brucia carbone, non è forse il calor del Sole accumulato molti secoli sono nel carbon fossile e conservato, si può dire, per noi, che brilla ed illumina dall'arco dalla bianca luce, o dal filo incandescente più rosso e caldo di tinta?

Si bel sangue è un raggio acceso
Di quel Sol che in ciel vedete

(REDI, *Bacco in Toscana*)

cantò del vino il poeta dell'allegra vendemmia;
e Dante:

Guarda il calor del Sol, che si fa vino
Giunto all'umor che dalla vite cola.

Cicerone scrisse dell'uva: *succo terrae et calore solis augescens*; e Galileo disse il vino *un composto di umore e di luce*.

E lo splendor degl'occhi vostri, sì soavi e belli, ve lo diede il Sol, signora mia. Il Sole mite del fruttifero settembre che sul pampino matura il *sapiente della vita oblio*, e sul labbro vostro accende il bacio ardente, suprema ebrezza della vita e incanto.

Finito libro, sit laus et gloria Christo
Detur pro poena scriptori pulcra puella.
Penna precor, cessa, quoniam manus est mihi
(fessa
Explicit hic totum, pro poena da mihi potum.

Jacobus de Cessolis

Monaco dell'ordine dei Frati Predicatori
(1200)

Indice della Serie Prima intitolata

In Cielo.

Lo spazio celeste	Pag. 1
Sirio	" 27
Una stella nuova	" 55
L'ora dell' Europa centrale in Italia . .	" 73
Il metro, il chilogramma, il minuto secondo	" 111
Inverno	" 141
Pioggia e vento	" 169

Indice della Serie Seconda intitolata

Nel regno del Sole.

L'evoluzione cosmica della Terra secondo le idee moderne	Pag. 1
La Luna	" 37
Venere	" 67
Marte	" 99
Giove	" 133
Saturno ed i Pianetini	" 155
Urano e Nettuno	" 197

Altre opere del medesimo Autore.

Il problema meccanico della Figura della Terra, esposto secondo i migliori autori. Due volumi, Torino, Fratelli Bocca, 1880-1885.

L'Universo stellato, versione dal tedesco dell'opera di Guglielmo Meyer. Torino, Unione Tip. Editrice, 1900.